



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES RUMIPAMBA DE LAS ROSAS DEL
CANTÓN SALCEDO”.**

TESIS DE GRADO

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

AUTOR: ANGIULI MARÍA ORTEGA TREJO

TUTOR: Dr. GERARDO LEON CHIMBOLEMA

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: **“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES RUMIPAMBA DE LAS ROSAS DEL CANTÓN SALCEDO”**, de responsabilidad de la señorita egresada Angiuli María Ortega Trejo, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Gerardo León

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Robert Cazar

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

“Yo, Angiuli María Ortega Trejo, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en la Tesis “REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES RUMIPAMBA DE LAS ROSAS DEL CANTÓN SALCEDO”; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

ANGIULI MARÍA ORTEGA TREJO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por las bendiciones recibidas día tras día, por ser quien me ha dado la fuerza para nunca rendirme frente a las adversidades, por la inteligencia y la sabiduría necesaria que hoy hace posible alcanzar esta meta.

A mis padres Galo y Esperanza, a mis hermanos por brindarme su amor y apoyo incondicional.

A los profesores de la Escuela de Ingeniería en Biotecnología Ambiental por colaborar en mi formación profesional, especialmente al Dr. Gerardo León quien con paciencia ha sabido guiarme en la elaboración de mi Tesis, gracias por su apoyo.

A él Dr. Robert Cazar por su apoyo y contribución con este proyecto, por la paciencia y amabilidad con la que me ha guiado.

Al GAD. Municipal del cantón Salcedo por permitir la ejecución de esta Tesis y por brindarme su apoyo y la información necesaria para que este proyecto se lleve a cabo.

Al Ing. Tenada, Director del Área de Agua Potable y Alcantarillado del GAD. Municipal del cantón Salcedo quien ha sido una excelente persona, digna de admirar profesionalmente.

Angiuli

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado de manera especial a mi querida madre Lcda. Iris Esperanza Trejo Lara, quien ha sido el pilar fundamental de mi vida, por ser mi mayor ejemplo de lucha y perseverancia, y por impulsarme cada día a superarme la AMO.

A mis hermanos Nidia, Mabell y Nelson por su apoyo y motivación constante, ellos son mi fuerza.

A Fabricio y a mis Amigas que han estado a mi lado apoyándome.

Angiuli

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE FIGURAS.....	XIII
INDICE DE TABLAS... ..	XIV
INDICE DE ANEXOS.....	XVI
RESUMEN	XVII
SUMMARY	XVIII
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO	21
1.1 Marco Filosófico o epistemológico de la investigación	21
1.2 Antecedentes de la investigación	21
1.3 Bases Teóricas	22
1.3.1 Aguas Residuales	22
1.4 Clasificación de las Aguas Residuales.....	22
1.5 Composición de las Aguas Residuales	23
1.6 Características de las Aguas Residuales	23
1.6.1 Características Físicas	24
1.6.2 Características Químicas	25
1.6.3 Características Biológicas.....	26
1.6.4 Características Cuantitativas.....	26
1.6.4.1 Caudal	26
1.6.4.2 Variación de Caudal	26
1.6.4.3 Caudales de Diseño	27
1.6.4.4 Medición de Caudales	27
1.6.4.5 Muestreo de Aguas	28
1.6.4.6 Recolección de Muestras, Traslado y Conservación.....	28
1.7 Tratamiento de Aguas Residuales.....	29
1.7.1 Pretratamiento	29
1.7.2 Tratamiento Biológico.....	29
1.7.3 Tratamiento Químico.....	30
1.7.4 Tratamiento a base de Sistemas Naturales	30
1.8 Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales	30
1.8.1 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Rumipamba de las Rosas”	31
1.8.1.1 Rejillas	31
1.8.1.2 Tanque Imhoff.....	32
1.8.1.3 Lechos de Secado	32
1.8.1.4 Humedales Artificiales	33

1.8.1.4.1	Clasificación de los Humedales Artificiales	34
1.9	Criterios para el Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	35
1.9.1	Desbaste	35
1.9.1.1	Diseño de Rejillas.....	35
1.9.2	Consideraciones para el Diseño del Tanque Imhoff	37
1.9.2.1	Diseño del Sedimentador del Tanque Imhoff	38
1.9.2.2	Ecuaciones para el Diseño de la Cámara de Digestión	39
1.9.3	Diseño de Lechos de Secado	40
1.9.4	Criterios para el Diseño de Humedales Artificiales	41
1.9.4.1	Consideraciones para la instalación de plantas Macrofitas	42
1.9.1.6	Ecuaciones de Diseño para el Humedal Artificial.....	42
1.10	Evaluación del Impacto Ambiental.....	43
1.11	Normativa Ambiental	44
CAPÍTULO II		
2.	METODOLOGÍA	45
2.1	Generalidades Del Área De Estudio	45
2.1.1	Climatología	45
2.1.2	Determinación de las Pendientes del Área de Estudio	46
2.2	Recolección de Información	47
2.3	Diagnostico Técnico	48
2.3.1	Verificación in situ de las dimensiones de los planos	48
2.3.2	Verificación in situ del funcionamiento de la planta.....	48
2.3.3	Determinación del Caudal	48
2.3.4	Caracterización Físico-Química y Microbiológica de las Agua Residuales.....	49
2.3.5	Parámetros de Análisis	50
2.4	Propuesta	51
2.5	Dimensionamiento.....	52
2.6	Elaboración de planos.....	52
2.7	Identificación y Evaluación del Impacto Ambiental.....	53
2.7.1	Elaboración de la matriz de Leopold	53
CAPÍTULO III		
3.	CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	55
3.1	Diagnostico Técnico	55
3.1.2	Dimensiones del Actual Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del Barrio “Rumipamaba de las Rosas”	56
3.1.3	Verificación del Funcionamiento (Observaciones).....	59
3.2	Medición del Caudal.....	61

3.3	Caracterización Físico-Química y Microbiológica	64
3.3.1	Valores Obtenidos en la Caracterización del Agua Residual	64
3.4	Determinación de la Eficiencia de Remoción de SST, DBO ₅ y DQO.....	67
3.5	Propuesta de Rediseño de la Actual Planta de tratamiento de Aguas Residuales “Rumipamaba de las Rosas”	70
3.6	Cálculos para el Diseño de la Planta de Tratamiento de aguas Residuales	72
3.6.1	Población de Diseño	72
3.6.2	Cálculos del Caudal que Soporta la actual PTAR “Rumipamaba de las Rosas”	73
3.6.3	Caudal Medio Diario	74
3.6.4	Caudal de Infiltración	74
3.6.5	Factor de Mayoración.....	75
3.6.6	Caudal de Caonexiones Erradas	76
3.6.7	Caudal Proyectado a Futuro.....	76
3.6.8	Caudal de Diseño.....	77
3.6.9	Dimensionamiento de la Caja de Entrada	77
3.6.10	Dimensionamiento de las Rejillas.....	79
3.6.11	Dimensionamiento del Desarenador	81
3.6.11.1	Cálculos para el Diseño del Desarenador	81
3.6.12	Dimensionamiento del Tanque Imhoff	85
3.6.12.1	Cálculos para el diseño de la cámara de sedimentación del tanque imhoff.....	85
3.6.12.2	Cálculos para el diseño de la cámara de digestión del tanque imhoff	87
3.6.13	Dimensionamiento del Lecho de Secado	89
3.6.14	Dimensionamiento del Humedal Artificial	91
3.7	Cumplimiento de la Norma Vigente	93
3.8	Resultados del Rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	94
3.8.1	Población de Diseño	94
3.8.2	Caudal de Diseño.....	94
3.8.3	Rejillas	95
3.8.4	Desarenador.....	95
3.8.5	Tanque Imhoff.....	96
3.8.6	Lecho de Secado.....	96
3.8.7	Humedal Artificial	97
3.9	Identificación y Evaluación de los Impactos Ambientales.....	97
3.10	Propuesta Económica para el Rediseño	100
	CONCLUSIONES	104
	RECOMENDACIONES	105
	BIBLIOGRAFÍA	

ANEXOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A_L	Área libre al paso de agua
A_T	Área Total
A_{ls}	Área del Lecho de Secado
A_s	Área del Sedimentador
A_S	Área Superficial
APHA	American Public Health Association.
AWWA	American Water Works Association.
b	Base del Canal
C	Coefficiente de Retorno
CD	Coefficiente de Arrastre
CESTTA	Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental
CEC	Código Ecuatoriano de Construcción
cm	Centímetros
CORPLAB	Corporación Laboratorios Ambientales del Ecuador
C_s	Carga Superficial
D	Dotación de Agua
DBO_5	Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días
DQO	Demanda Química de Oxígeno
e	Espesor de barra
F	Factor de Mayoración (L/s.)
F_{er}	Factor de Capacidad Relativa
g	Gravedad (aceleración de la Gravedad)
GAD	Gobierno Autonomo Descentralizado
h	Tirante del Caudal
H	Altura del canal
ha	Héctareas
hab	Habitantes
HAFS	Humedales Artificiales de Flujo superficial
hf	Perdida de Carga
H_s	Altura de Seguridad
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas Y Censos
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Kg	Kilogramo

L	Longitud
Lb	Longitud de Barra
L/s	Litros sobre segundos
m	Metro
m/s	Metros sobre segundo
m ³ /s	Metros cúbicos sobre segundos
m ³ /día	Metros cúbicos sobre día
mm	Milímetros
Msd	Masa de sólidos que conforman los lodos.
n	Coefficiente de Rugosidad
Nb	Número de barras
OPS	Organización Panamericana de la Salud
P	Población
P _a	Población actual
P _f	Población futura
PTAR	Planta de Tratamiento de Agua Residual
Q _{DISEÑO}	Caudal de diseño (L/s.)
Q _{INF}	Caudal de Infiltración (L/s)
Q _M	Caudal medio de las aguas residuales (L/s.)
Q _{MD}	Caudal medio de diseño (L/s.)
Q _{máx}	Caudal máximo diario de diseño
Qpromedio	Caudal promedio de aguas residuales
Re	Número de Reynolds
S	Pendiente
SS	Sólidos Suspendidos
SST	Sólidos Suspendidos Totales
SSV	Sólidos Suspendidos Volátiles
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente
Td	Tiempo de Digestión
THR	Tiempo de Retención Hidraulica
UNT	Unidades Nefelométricas de turbiedad
V	Volumen
V _a	Velocidad minima de aproximación a las rejillas
V _{Bm}	Velocidad a través de las rejillas
V _d	Volumen de la cámara de digestión

V_s	Velocidad de Sedimentación
Vld	Volumen de Lodos Diarios Digeridos
β	Coeficiente de perdida para rejilla
\emptyset	Ángulo
ρ	Densidad del agua
η	Viscosidad cinemática del agua
%	Porcentaje

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Método Volumetrico.	27
Figura 2-1: Rejillas de Tiempo Seco	31
Figura 3-1: Tanque Imhoff.....	32
Figura 4-1: Lecho de Secado.....	33
Figura 5-1: Representacion Esquemática de los Humedales de Tratamiento	33
Figura 6-1: Humedal Artificial de Flujo Superficial	34
Figura 7-1: Humedal Artificial de Flujo Horizontal.....	34
Figura 8-1: Diseño del Sedimentador del Tanque Imhoff.	39
Figura 9-1: Espesores de la Capa del Medio Granular.	42
Figura 1-2: Ubicación de la PTAR.....	46
Figura 1-3: Diagrama de Flujo de la Planta de Tratamiento	55
Figura 2-3: Representación en AutoCAD de la PTAR “Rumipamba de las Rosas”	60
Figura 3-3: Variación del Caudal en el Punto 1.	61
Figura 4-3: Variación del Caudal en el Punto 2.	61
Figura 5-3: Variación del Caudal en el Punto 3.	62
Figura 6-3: Comparación de Concentración Antes y Después del Tratamiento.	67
Figura 7-3: Planta de Tratamiento Propuesta.	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Parámetros para el Diseño de Rejillas de Limpieza Manual	35
Tabla 2-1:	Criterios para el Diseño de Tanques Imhoff.....	37
Tabla 3-1:	Factor de Capacidad Relativa.....	39
Tabla 4-1:	Proceso de Digestión de acuerdo a la Temperatura	40
Tabla 5-1:	Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce	44
Tabla 1-2:	Localización de la Investigación	45
Tabla 2-2:	Métodos y Procedimientos Utilizados para el Análisis de Aguas Residuales.....	51
Tabla 3-2:	Valoración de la Magnitud (Matriz de Leopold).....	53
Tabla 4-2:	Valoración de la Intensidad (Matriz de Leopold).....	54
Tabla 5-2:	Rangos para la calificación Ambiental del Impacto.	54
Tabla 1-3:	Dimensiones de la Caja de Llegada.	56
Tabla 2-3:	Dimensiones de la rejilla.	56
Tabla 3-3:	Dimensiones del Tanque Imhoff.....	57
Tabla 4-3:	Dimensiones del Lecho de Secado.....	58
Tabla 5-3:	Dimensiones del Humedal Artificial.....	58
Tabla 6-3:	Resultado de la Medición del Caudal de las Aguas Residuales.....	62
Tabla 7-3:	Análisis del Agua Residual.	65
Tabla 8-3:	Resultado del cálculo del Porcentaje de Eficiencia	70
Tabla 9-3:	Datos para el cálculo de la Población de Diseño	73
Tabla 10-3:	Datos para el Cálculo del Caudal Medio.....	74
Tabla 11-3:	Criterios para el Diseño de la Caja de Entrada.	77
Tabla 12-3:	Criterios para el Diseño de las Rejillas.	79
Tabla 13-3:	Criterios para el Diseño del Desarenador.	81
Tabla 14-3:	Criterios para el Diseño del Tanque Imhoff.....	85
Tabla 15-3:	Criterios para el Diseño de la Cámara de Digestión del Tanque Imhoff.	85
Tabla 16-3:	Criterios para el Diseño del Lecho de Secado.	89
Tabla 17-3:	Criterios para el Medio Granular para el Humedal Artificial.	91
Tabla 18-3:	Cumplimiento de la Norma Ambiental Vigente TULSMA.....	93
Tabla 19-3:	Población de Diseño.	94
Tabla 20-3:	Caudal de Diseño.	94
Tabla 21-3:	Resultados para el Diseño de Rejillas	95
Tabla 22-3:	Resultados para el Diseño de Rejillas	95
Tabla 23-3:	Resultados para el Diseño del Desarenador	95
Tabla 24-3:	Resultados para el Diseño del Tanque Imhoff.....	96
Tabla 25-3:	Resultados para el Diseño del Lecho de Secado.	96

Tabla 26-3:	Resultados para el Humedal Artificial.	97
Tabla 27-3:	Matriz de Leopold.....	98
Tabla 28-3:	Costo de la construcción de Rejillas.....	100
Tabla 29-3:	Costo de la construcción del Desarenador.....	101
Tabla 30-3:	Costo de la construcción del Tanque Imhoff.	101
Tabla 31-3:	Costo de la construcción del Lecho de Secado.	102
Tabla 32-3:	Costo de la construcción del Humedal Artificial.	102
Tabla 33-3:	Costo Total del Diseño de la Nueva Planta de Tratamiento.	103
Tabla 34-3:	Costo Total del Rediseño.	103
Tabla 35-3:	Costo Total de la Propuesta.	103

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Tablas de la Estación Meteorológica RUMIPAMBA-SALCEDO INAMHI 2010.
- Anexo B:** Verificación de las Dimensiones de los Planos con la Planta de Tratamiento Actual
- Anexo C:** Caudal Medido en la Salida de las Rejillas.
- Anexo D:** Caudal Medido en la Entrada del Tanque Imhoff.
- Anexo E:** Caudal Medido en la Descarga Final.
- Anexo F:** Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual del Afluyente, Laboratorio EMAPAG de la ciudad de Guaranda.
- Anexo G:** Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual de las Rejillas, Laboratorio EMAPAG de la ciudad de Guaranda.
- Anexo H:** Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual del Tanque Imhoff, Laboratorio EMAPAG de la ciudad de Guaranda.
- Anexo I:** Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual del Afluyente, Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias.
- Anexo J:** Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual del Rejillas, Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias.
- Anexo K:** Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual del Tanque, Imhoff, Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias
- Anexo L:** Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual del Efluente, Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias.
- Anexo N:** Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual del Afluyente, Laboratorio CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica).
- Anexo M:** Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual de las Rejillas, Laboratorio CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica).
- Anexo O:** Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual de las Tanque, Imhoff Laboratorio CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica).
- Anexo P:** Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual del Efluente, Laboratorio CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica).
- Anexo Q:** Tablas de Dotación mensual de Agua Potable para el Barrio Rumipamba de las Rosas
- Anexo R:** Registro Fotográfico
- Anexo S:** Planos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

RESUMEN

Se realizó el Rediseño de la Planta de Tratamiento de Agua Residuales “Rumipamba de las Rosas” del cantón Salcedo. Con la finalidad que el agua residual de descarga al río Cutuchi, cumpla con la norma ambiental vigente y mejore la calidad de vida de la población. El estudio inicio con un diagnostico técnico donde se hizo una verificación in situ de las dimensiones de las unidades que conformaban la planta de tratamiento con los planos, y se constató su funcionamiento. Luego se realizó la medición de los caudales por el método volumétrico, donde se obtuvo un caudal promedio de 6,39 L/s. Después se realizó los análisis físicos, químicos y microbiológicos donde se obtuvieron los siguientes resultados en la descarga final DBO_5 220mg/L, DQO 405mg/L, Color real 57PtCo, Nitritos+Nitratos 12mg/L, Tensoactivos 7,8mg/L y Coliformes fecales 520 Nmp/100 ml; tales parámetros No Cumplen con los límites permisibles del TULSMA, Con estos resultados se pudo determinar que sistemas debían ser rediseñados para obtener un rendimiento eficiente que garantice la reducción de la carga contaminante. El rediseño implica dos procesos de mejora: el primero consiste en el mejoramiento de la planta actual, se aumentará el número de rejillas y se las ubicara en la caja de entrada del afluente, se evacuaran los lodos digeridos en el tanque imhoff, se abrirá el área de ventilación, se cambiara el medio filtrante y macrofitas en el humedal artificial; el segundo corresponde al diseño de una nueva planta de tratamiento a lado de la actual, compuesta por: rejillas, desarenador, tanque imhoff y un humedal artificial;. Con el rediseño propuesto la planta logrará una remoción del tanque imhoff del 25 al 50% DBO, 40% DQO; el humedal artificial obtendrá una eficiencia del 90% DBO y 75% DQO. Se recomienda su ejecución.

Palabras claves:

<AGUAS RESIDUALES><REDISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES><CAUDAL DE DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES> <CAUDAL DEL AFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES><CAUDAL DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES><MONITOREO DE AGUAS RESIDUALES>
<CONTAMINACIÓN><DIMENSIONAMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES>

SUMMARY

The "Rumipamba de las Rosas" Wastewater Treatment Plant was redesigned in Salcedo canton in order for the wastewater discharge in the Cutuchi river to comply with the current environmental regulations and to improve its population quality life. First, the technical diagnosis was carried out to verify both the plant conforming-unit dimensions on-site and its running. Then the flow volume measured with volumetric method getting an average flow of 6.39 L/s. Then the physical, chemical and microbiological analyses were done obtaining the following results in the final discharge: BOD₅ 220 mg/l, COD 405 mg/l, Real Color 57PtCo, Nitritos+Nitratos 12 mg/l, surfactants 7,8 mg/l and 520 fecal coliforms Nmp/100 ml; These parameters do not comply with the permitted UTSEL limits. Having gotten these results, it was possible the systems to be redesigned so as to reduce polluting water efficiently. The redesign comprises two processes: the first consists of the current plant improvement in which there will be more bar screens and they will be placed in the spillway, sludge in the imhoff tank will be evacuated, the ventilation area will be open, the filter and macrophytes will be changed in the artificial wetland. The second consists a new treatment plant near the actual one which consists of bar screens, a sand trap, an imhoff tank and an artificial wetland. With the proposed redesign the plant will be a imhoff tank removal from 25% to 50% BOD, 40% COD; the artificial wetland will 90% BOD and 75% COD efficient by redesigning the proposed plant. It is recommended to execute it.

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua a lo largo del tiempo ha venido deteriorándose por diversos factores y actividades humanas, entre las que tienen mayor incidencia tenemos al crecimiento comercial, así como la agricultura, la ganadería y los vertidos de aguas residuales domésticas. Todo esto ha hecho posible que hoy en día los sistemas naturales sean incapaces de depurar sus caudales debido al incremento excesivo de la carga contaminante.

La preocupación es cada vez mayor debido al alto impacto ambiental que genera la contaminación de los recursos hídricos siendo está considerada como un problema ambiental con incidencia directa en la salud pública. Dentro de las Organizaciones Gubernamentales de Ecuador se han planteado una serie de iniciativas para disminuir la contaminación de los cursos superficiales de agua, impulsando así la creación de plantas de tratamiento de aguas residuales y planes de gestión que garanticen la protección y depuración del recurso agua.

El G.A.D. Municipal del cantón Salcedo ha sido el primer cantón de la provincia Cotopaxi en preocuparse por el ambiente y ha sido el primer municipio en realizar nueve plantas de tratamiento de aguas servidas y un biodigestor, con lo cual se genera un significativo avance en la concepción de la protección del medio hídrico dentro del cantón. La planta de tratamiento de Aguas Residuales del sector Rumipamba de las Rosas consta de 1 caja de rejillas, 1 tanque imhoff, 1 lecho de secado y 1 pantano artificial construidos en el año 2009. Después de análisis realizados el 28 de agosto del 2013, se determinaron el incumplimiento de parámetros como tensoactivos y coliformes fecales.

Según el TULSMA, LIBRO VI, ANEXO 1. Tabla 12 “Límites de descarga en un cuerpo de agua dulce”, los tensoactivos se encuentra fuera de rango, con un valor de 3,97 mg/L siendo el límite máximo permisible 0,5 mg/L, a su vez el parámetro coliformes fecales registro un valor de >2000 Nmp/100 ml y el límite máximo permisible es de remoción >al 99.9%.

JUSTIFICACIÓN

Debido a la necesidad de mejorar el rendimiento y la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para obtener un buen resultado en cuanto: a la remoción de carga orgánica, sedimentación de sólidos, dar cumplimiento a la normativa vigente, proporcionar el correcto tratamiento de las aguas residuales, garantizar una mejor calidad de vida a sus pobladores y consecuentemente minimizar los impactos ambientales. Se considera indispensable el rediseño de

la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Rumipamba de las Rosas” con el cual se optimizará los sistemas, y se crearán nuevos sistemas que garanticen el correcto y eficiente saneamiento de las aguas residuales.

La presente investigación proporcionará la solución a la problemática generada dentro de las instalaciones de la PTAR, a su vez la información recaudada servirá de base para futuros cambios o adecuaciones en la PTAR.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Rediseñar la planta de tratamiento de Aguas Residuales provenientes del Barrio Rumipamba del Cantón Salcedo para su posterior descarga al Río Cutuchi.

Objetivo Específicos

- Realizar un diagnóstico técnico del funcionamiento actual de la planta.
- Caracterizar de forma física, química y microbiológica las aguas residuales descargadas de la planta de tratamiento al río Cutuchi.
- Plantear la solución viable para el óptimo funcionamiento de la planta.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Marco Filosófico o epistemológico de la investigación

En la actualidad se busca alcanzar un equilibrio entre el convivir diario de las personas en plenitud con la naturaleza y su entorno, Sumak Kawsay, buen vivir. A esto se suman los intensivos intentos para lograr el mantenimiento de los recursos naturales libre de contaminación.

Por esta razón se ha tratado de priorizar el recurso agua, siendo el agua fuente de vida para los seres humanos y los ecosistemas en general. En Ecuador para el tratamiento de las aguas residuales se cuenta como guía el Código Ecuatoriano de la Construcción C.E.C que proporciona Normas para el Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 hab. Para garantizar la calidad de los vertidos el TULSMA proporciona los límites permisibles con la que esta debe ser depositada en los causes hídricos naturales.

Con esta investigación se pretende poner en práctica los postulados citados en el Sumak Kawsay con la aplicación de unidades que mejoren la calidad del efluente y en tal magnitud que mejore las condiciones del río Cutuchi, asegurando una mejor calidad de vida para la población de influencia directa, una reducción considerable de la contaminación priorizando los recursos con los que cuenta el GAD. Municipal del cantón Salcedo.

1.2 Antecedentes de la Investigación

A nivel mundial solo un 20% de las aguas residuales reciben algún tipo de tratamiento, por lo cual los países en desarrollo son los que han sufrido más perjuicios por el agua residual no tratada que tienen como resultado la generación de enfermedades. La ONU busca que los gobiernos vean el agua residual tratada como un recurso, y ubicarla como una prioridad en la agenda de desarrollo.

En Ecuador, el 6,3% de las aguas residuales promedio recibe algún tipo de tratamiento, siendo a nivel urbano el 7% y a nivel rural el 5%. De los 221 cantones del país, apenas 19 tienen algún tipo de tratamiento, en su mayoría lagunas de oxidación. Siendo la Planta de Tratamiento de Aguas

Residuales Ucubamba de la ciudad de Cuenca, un ejemplo claro de un sistema de tratamiento de aguas residuales eficaz, que garantiza la calidad de sus vertidos y el cumplimiento de la normativa ambiental vigente TULSMA. (Moncayo & Alaba. 2011.1)

En la provincia de Cotopaxi se ha impulsado esta iniciativa de enfatizar al agua residual tratada como un recurso, es por esto que el G.A.D. Municipal del cantón Salcedo es uno de los cantones pioneros en asumir su rol en el tratamiento del agua residual y priorizar su depuración, con lo cual se genera conciencia en la preservación del recurso agua y un impulso en su Gestión.

1.3 Bases Teóricas

1.3.1 Aguas Residuales

Las aguas residuales son producidas por la utilización de aguas naturales o provenientes de la red de agua potable y después son transportadas por el sistema de alcantarillado para su disposición final, bien sea a una planta de tratamiento o descargadas directamente a un cause hídrico natural. (Romero Rojas, Jairo Alberto. 2005. 8)

Estas aguas son consideradas contaminadas ya que en su caudal transportan una serie de elementos, ya sean producidos por causas naturales, por actividades humanas, agropecuarias o industriales en general. Las mismas que deben ser depuradas, antes de volver a un medio hídrico natural.

1.4 Clasificación de las Aguas Residuales

Las aguas residuales según su origen están clasificadas como:

- a. Aguas Residuales Domésticas:** Son aguas provenientes de viviendas, residencias, edificios comerciales o instituciones públicas, por lo general estas aguas transportan en su caudal residuos orgánicos.
- **Aguas Negras:** Son aquellas aguas provenientes de inodoros por esta razón presentan una alta concentración de materia orgánica, sólidos suspendidos, nitrógeno y microorganismos.

- **Aguas grises:** Son aguas originadas en lavados, duchas y lavadoras y luego transportadas al alcantarillado.
- b. Aguas Residuales de Industria:** Son aquellas aguas generadas en los procesos industriales, dependiendo de su utilidad en la industria estas presentan un mayor o menor grado de contaminación.
- c. Aguas Orgánicas:** Tienen su origen en procesos de industrias alimenticias y textiles, ya sean usados para el lavado o como parte de n proceso.
- d. Agua de Infiltración:** Son aquellas aguas que ingresan al sistema de alcantarillado por medio de los empalmes de las tuberías, y las paredes de las tuberías defectuosas o con corrosión.
- e. Aguas Residuales Agropecuarias:** Estas aguas abarcan una gran cantidad residuos vegetales un excedente de excrementos lixiviados y sólidos. (Rodie Edward. 1987. 13)

1.5 Composición de las Aguas Residuales

Se llama composición de las aguas residuales a la gran variedad de componentes que presentan, a estos componentes se los ha clasificado en: físicos, químicos y biológicos; permitiendo de forma global la caracterización de las aguas residuales, para conocer el material orgánico y la cantidad de sólidos que transportan, permite conocer los efectos las descarga a cuerpos de agua natural, así como también seleccionar las operaciones y procesos de tratamiento que proporcionaran más eficacia y resultaran más económicos. (Crites Ron, Tchobanoglous George. 2000. 15)

1.6 Características de las Aguas Residuales

La caracterización de las aguas residuales nos provee información de su contenido en contaminante y en microorganismos patógenos, ya que estos son capaces de causar enfermedades. (Romero Rojas, Jairo Alberto. 2005. 8)

1.6.1 Características Físicas

Las principales características físicas de un agua residual son:

- a. **Turbidez:** Es la propiedad óptica donde existe falta de transparencia por la presencia de partículas en suspensión.
- b. **Color:** es causado por el material coloidal que se pueda encontrar en su composición, sólidos suspendidos, sustancias en solución y materia orgánica, esta característica se utiliza de forma cualitativa para estimar la condición del agua residual. (Delgadillo Sergio, & Otros. 2005. 71)
- c. **Olor:** El olor se produce por lo general debido a los gases liberados en el proceso de descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual.
- d. **Temperatura:** Este parámetro influye directamente en las reacciones químicas, la vida acuática y las velocidades de reacción. (Sainz Juan, 2004,12)
- e. **Sólidos Totales:** La determinación de sólidos suspendidos volátiles (SSV) y sólidos suspendidos totales (SST) es principal para evaluar al agua residual y para conocer la eficiencia de los sistemas de tratamiento. (Romero Rojas, Jairo Alberto. 2005. 15)
- f. **Sólidos sedimentables:** Son las partículas más gruesas que por gravedad se depositan en los fondos de los receptores, para su análisis por lo general se utilizan técnicas de volumetría y gravimetría, una vez que el agua pase por decantación y tamizado.
- g. **Sólidos en suspensión:** Son las partículas flotantes, debido al flujo del caudal o a que la densidad de las partículas es menor a la del agua. (Ramalho Ricardo. 1996. 23)
- h. **Sólidos disueltos:** Es el material disuelto en un medio líquido que puede afectar a un medio hídrico haciéndolo desagradable al paladar, su determinación permite conocer el total de residuos orgánicos y sales. Indican de la efectividad de los tratamientos biológico y físico de aguas residuales.
- i. **Conductividad:** Señala la concentración de sustancias disueltas en el agua cargadas iónicamente que pueden transportar una corriente eléctrica. (Romero Jairo. 2002. 34)

1.6.2 Características Químicas

Los compuestos químicos que se encuentran en las aguas residuales son clasificados en orgánicos e inorgánicos y, tenemos los siguientes parámetros:

- a. **Nitrógeno:** En el agua residual el nitrógeno es importante para el desarrollo de los microorganismos, cuando el agua residual no contiene suficiente nitrógeno se generan problemas en los tratamientos biológicos.
- b. **Fósforo:** El fósforo como el nitrógeno son esenciales para el crecimiento biológico. Este parámetro favorece la eutrofización. (Ronzano Eduardo, José Dapena. 1995. 7)
- c. **pH:** Este parámetros nos permite determinar la calidad del agua residual, el rango para que los procesos biológicos se desarrollen dentro del agua es de (5,5 – 9,5). (Sainz Juan, 2004,12)
- d. **Gases:** Los gases que son emitidos por las aguas residuales son: nitrógeno, el sulfuro de hidrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, amoníaco y el metano son producto de la degradación de la materia orgánica de las aguas residuales. (Arribas Robert .2007. 17)
- e. **Oxígeno disuelto:** es de gran importancia para la respiración de los microorganismos aerobios, depende de factores tales como la temperatura, actividad química y la actividad biológica, entre otros.
- f. **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅):** Es el porcentaje de oxígeno consumido por los microorganismos, que permiten la eliminación de la materia orgánica a una temperatura de 20°C por un periodo de 5 días.
- g. **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Es la cantidad de oxígeno necesaria para la descomposición de la materia orgánica.
- h. **Tensoactivos:** Su estructura consta de un grupo hidrofílico y un grupo no miscible en agua (hidrofóbico), consiguen que dos líquidos inmiscibles se emulsionen, su presencia en aguas residuales proviene de descargas de detergentes, lavanderías, etc.

1.6.3 *Características Biológicas*

Las características biológicas son muy importantes para determinar la presencia de microorganismos patógenos en el agua residual e implementar procedimientos o tratamientos que eviten las enfermedades que estos pueden causar. Las bacterias y otros microorganismos tienen un gran aporte en la oxidación de la materia orgánica. Entre los organismos biológicos tenemos:

- a. **Microorganismos:** Los grupos de microorganismos más encontrados en el agua residual son: organismos eucariotas, bacterias y arqueobacterias. Permiten la descomposición de la materia orgánica tanto en medios naturales y diseñados como son las plantas de tratamiento.
- b. **Organismos Coliformes:** Su presencia es numerosa en aguas residuales domiciliarias por lo que están presentes heces de personas y animales, tienen forma de bastoncillo. La presencia de coliformes es un indicador de organismos patógenos los cuales pueden causar afectaciones graves a la salud.

1.6.4 *Características Cuantitativas*

1.6.4.1 *Caudal*

Es la cantidad de flujo por unidad de tiempo que va a llegar a un depósito, la estimación del caudal es necesaria para la proyección de una planta de tratamiento.

El caudal del agua residual suele determinarse en función al caudal de agua potable suministrado a la red, pero se deben tener en cuenta la serie de pérdidas provocadas por el estado de la red. Lo que ocasiona que el caudal de aguas residuales generado sea inferior al de agua potable suministrada. (Metcalf Eddy. 1979. 46)

1.6.4.2 *Variación de Caudal*

Las variaciones de caudal están dadas: a lo largo del día (24 horas), diarias tomadas en el transcurso de la semana y estacionales medidas en el transcurso del año.

1.6.4.3 Caudales de Diseño

a) Caudal promedio diario

El caudal promedio nos permite conocer la capacidad que soportan las plantas de tratamiento.

Ecuación 1

$$Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right) = \frac{\text{población(hab.)} \times \text{dotación} \left(\frac{\text{L}}{\text{hab.} \times \text{día}} \right)}{1000 \left(\frac{\text{L}}{\text{m}^3} \right)}$$

b) Caudal máximo diario

Es el registrado durante 24 horas, se utiliza como base la información obtenida durante el transcurso de todo el año.

c) Caudal mínimo diario

El caudal mínimo diario nos permite diseñar unidades de conducción de agua.

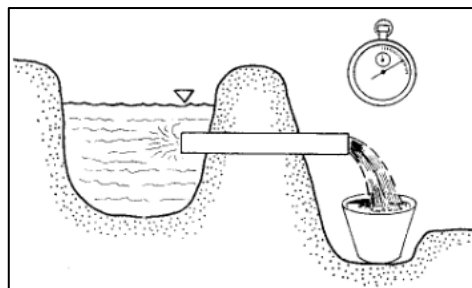
Cuando no se tiene una base de datos, se puede utilizar para comunidades el 30% del caudal medio diario, y 50% para poblaciones más grandes.

1.6.4.4 Medición de Caudales

• Método Volumétrico

Este método permite medir pequeños caudales de agua menores a 20 L/s, como son los canales de riego o pequeñas acequias. Para ello es necesario contar con un depósito de volumen conocido en el cual se recogerá el agua, se debe anotar el tiempo que demora en llenarse el depósito.

Figura 1-1: Método Volumétrico



Fuente: Villavicencio Abelardo & Villablanca Alexis. 2010. 2

1.6.4.5 Muestreo de Aguas

- **Muestra compuesta**

Es una combinación de muestras individuales tomadas a intervalos de diferentes tiempos.

Ecuación 2

$$\frac{V}{nQ_m} = \frac{V_i}{Q_i}$$

Ecuación 3

$$V_i = \left(\frac{V}{nQ_m} \right) \times Q_i$$

1.6.4.6 Recolección de Muestras, Traslado y Conservación

a) Método de recolección

- **Manual**

El método de recolección manual involucra equipamiento mínimo debido a su simplicidad.

b) Traslado y conservación de muestras

Para prevenir la afectación y contribuir con la conservación de las muestras se deben adicionar aditivos.

- **Refrigeración**

Este es el método más general para conservación de la muestra, esta debe ser refrigerada a 4°C. Aunque por lo general se emplea el uso de un cooler con hielo seco.

1.7 Tratamiento de Aguas Residuales

El objetivo principal de una planta de tratamiento de aguas residuales, es reducir la carga contaminante presente en las mismas, para que los vertidos al medio hídrico natural: ríos, mar, lagos, embalses, etc. contengan la menor contaminación posible para que cumplan con la normativa legal vigente y garantizar la sostenibilidad y protección del recurso agua, y en algunos casos se pueda llevar a cabo su reutilización en la agricultura, industria u otros fines.

Existen diversos tipos sistemas de tratamiento de aguas residuales y su complejidad se basa en función de los objetivos que se establezcan para el efluente, a su vez, en la reducción de costos, minimización de energía y utilización apropiada de factores climatológicos, geográficos u otros.

1.7.1 *Pretratamiento*

Su objetivo básico es eliminar todas las materias gruesas o visibles las cuales podrían provocar estancamientos o daños en bombas. A su vez las grasas flotantes y espumas pueden en un momento dado acceder a la superficie, adherirse a las unidades y dificultar la aireación de la masa de agua, fundamentalmente en los procesos biológicos aerobios. (Monzón Ignacio. 2001. 43)

1.7.2 *Tratamiento biológico*

Tienen como propósito acelerar la descomposición de los contaminantes orgánicos en los que predominan las reacciones bioquímicas, generadas por los microorganismos. A su vez permiten la eliminación de organismos patógenos.

Entre los procesos más utilizados tenemos los:

- Lodos activados
- Filtros percoladores
- Lagunas de estabilización y aireadas

Los tratamientos biológicos mencionados tienen una eficiencia de remoción de carga contaminante hasta un 90 % de DBO. (Marsilli Alejandro. 2005.1)

1.7.3 *Tratamiento químico*

Son utilizados con mayor frecuencia en plantas de tratamiento de agua residual para aumentar la calidad del efluente y garantizar que exista un medio con las condiciones óptimas para la actividad bacteriana.

Estos tratamientos son aplicados dependiendo las características que presenta el efluente; por lo general previamente se utilizan una etapa de precipitación química que eliminara la presencia del fósforo y regular el pH.

1.7.4 *Tratamiento a base de Sistemas Naturales*

En este tipo de tratamiento se utilizan componentes del medio natural. Se distinguen dos grupos: los tratamientos con aplicación en el terreno y los que involucran sistemas acuáticos.

Los sistemas de depuración acuáticos se basan en la generación de un caudal de agua controlado, donde las plantas y los microorganismos modifiquen los contaminantes disminuyendo su concentración, tenemos los más utilizados como son:

- Pantanos: Artificiales o Naturales
- Plantas flotantes (Cultivos acuáticos).
- Lagunajes

1.8 *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales*

Tienen por objeto llevar a las aguas residuales a una serie de procesos los cuales pueden ser: físicos, químicos y biológicos o todos incluidos en un mismo tratamiento, para reducir su contaminación, para que estas cumplan con la normativa ambiental vigente y que sus efluentes cumplan con el carácter admisible para el vertido en el medio hídrico natural.

Los tratamientos aplicados van en función, del origen de los vertidos (domésticos, industriales, agropecuarios), de los recursos con los que se disponga, la factibilidad del terreno y de los fines que se le dará al agua.

1.8.1 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Rumipamba de las Rosas”

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Rumipamba de las Rosas depura las aguas provenientes de la red de alcantarillado del barrio Rumipamba de las Rosas que cuenta con una población de 1257 hab. Aprox.

Para la depuración de las aguas residuales la planta cuenta con: 1 caja de retención de sólidos (rejillas), 1 tanque imhoff, 1 lecho de secado y 1 pantano artificial, la construcción de esta planta se realizó en el año 2009.

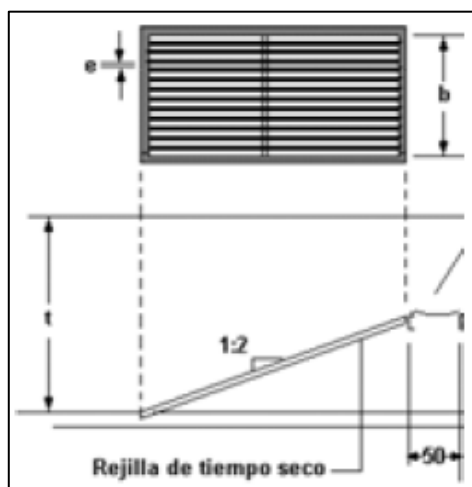
1.8.1.1 Rejillas

Las rejillas o cribas son dispositivos cuyo propósito principal es la retención de materiales sólidos, como: palos, cascaras de frutas, hojas, plásticos de gran tamaño, e incluso roedores, ya que si no son eliminados pueden causar daño a los mecanismos o bloquear las tuberías.

Las aguas residuales provenientes de la red de alcantarillado del barrio Rumipamba de las Rosas llegan por gravedad a la caja de retención de sólidos y pasan por el emparrillado de rejillas, el cual se encuentra inclinado con respecto a la caja de retención de sólidos.

Las rejillas pueden ser de 2 tipos: de limpieza manual y de limpieza mecánica (automática).

Figura 2-1: Rejillas de tiempo seco



Fuente: Ramalho Ricardo. Tratamiento de aguas residuales 1996. 58

Se recomienda instalar rejillas de limpieza manual para gastos menores de 50 L/s.

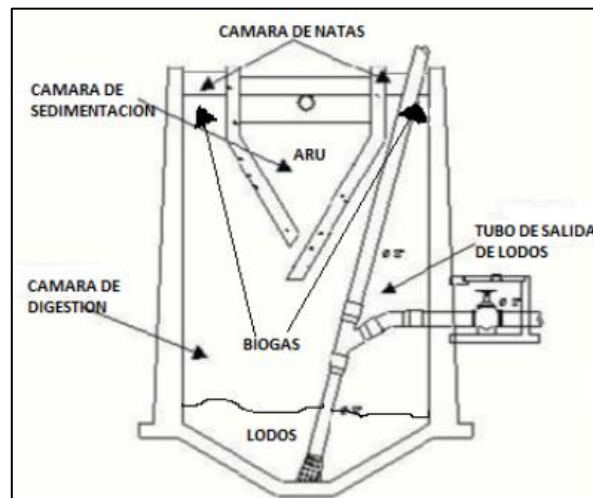
1.8.1.2 *Tanque Imhoff*

El tanque imhoff es un sistema que permite la eliminación de sólidos suspendidos. Es considerado como parte del tratamiento primario.

Los tanques imhoff proporcionan en las aguas residuales domésticas ventajas en su depuración; incluyen en su estructura cámaras para la sedimentación y digestión de lodos, además de una área de ventilación y acumulación de natas.

Son diseñados para poblaciones entre 1000 a 5000 habitantes. Y su forma generalmente es rectangular. (OPS/CEPIS/05.163. 2005. 14)

Figura 3-1: Tanque Imhoff

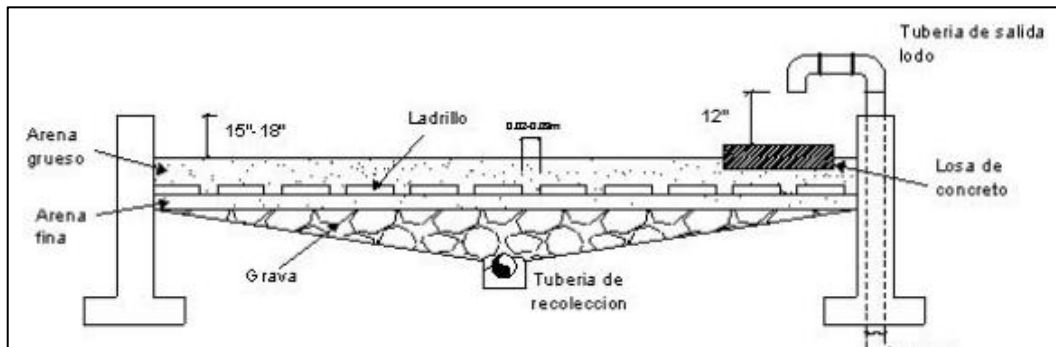


Fuente: OPS/CEPIS/05.163. Diseños de tanques sépticos, Imhoff y lagunas de estabilización. 2005.14

1.8.1.3 *Lechos de Secado*

Son sistemas que permiten la deshidratación de lodos digeridos en el tanque imhoff. Es utilizado por su simplicidad y bajo costo, los lodos extraídos dependiendo su fuente se utiliza como acondicionadores y mejoradores de suelos. (Valdez Lourdes. 2003. 25)

Figura 4-1: Lecho de Secado



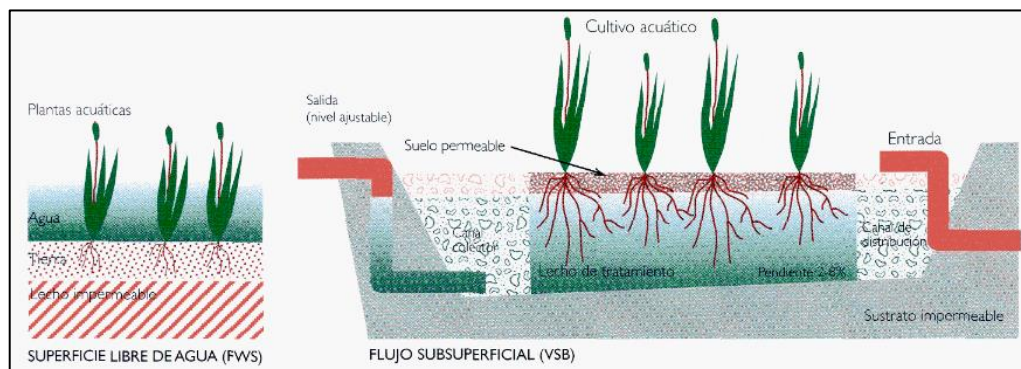
Fuente: OPS/CEPIS/05.163. Diseños de tanques sépticos, Imhoff y lagunas de estabilización. 2005.14

1.8.1.4 Humedales Artificiales

En los humedales el agua permanece circulando continuamente, en los que a nivel o sobre el suelo se encuentra la superficie libre, lo que permite sostener la condición de saturación por un tiempo prolongado.

los humedales por lo general son parte del tratamiento secundario de una planta de tratamiento de aguas residuales. En la parte inferior se utiliza una capa impermeable sobre la cual se coloca un lecho de arena, grava gruesa y grava fina, y en la parte superior se coloca una cobertura plantas, que son el principal depurador.

Figura 5-1: Representacion esquematica de los humedales de tratamiento



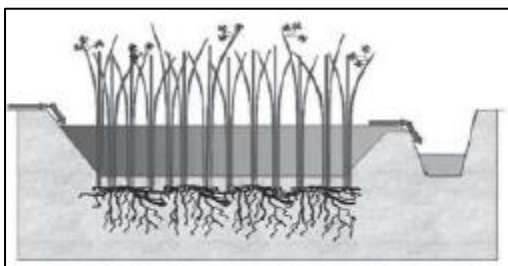
Fuente: Delgadillo Oscar. Métodos Naturales de Tratamiento de Aguas Residuales. 2003. 21

1.8.1.4.1 *Clasificación de los humedales artificiales*

- **Humedales artificiales de flujo superficial (HAFS)**

Son humedales donde el agua circula a través de los tallos de las macrófitas y se encuentran expuestos directamente a la atmósfera. Tienen menor profundidad (no más de 0,6 m).

Figura 6-1: Humedal Artificial de Flujo Superficial

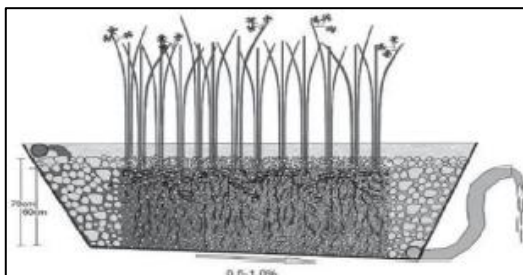


Fuente: Delgadillo Oscar. Métodos Naturales de Tratamiento de Aguas Residuales. 2003. 22

- **Humedales subsuperficial de flujo horizontal**

El diseño de estos sistemas consiste en una cama, de arena y grava, plantada con macrófitas. Para evitar las infiltraciones se coloca como base una membrana impermeable.

Figura 7-1: Humedal de flujo Subsuperficial de Flujo Horizontal



Fuente: Delgadillo Oscar. Métodos Naturales de Tratamiento de Aguas Residuales. 2003.

1.9 Criterios para el Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

1.9.1 Desbaste

Como primer paso en el tratamiento de un agua residual consiste en la separación de los sólidos gruesos. Se hace pasar el agua residual a través de un emparrillado de barras, alambres, rejillas, o tamices.

Tabla 1-1: Parámetros de Diseño para Rejillas de Limpieza Manual

Características	Unidad	Dimensiones
Tamaño barra (espesor)	mm	5 – 20
Separación entre barras	mm	20 – 50
Ancho del canal (b)	cm	40,50,60,80,100,160,180,200,250
Espesor de rejas	mm	4 -- 20
Pendiente en relación a la vertical	°	30 – 45
Perdida de carga admisible	mm	40
Velocidad	m/s	0,6
Forma de las rejas (β)		1,79
Material		Acero Inoxidable

Fuente: Crites & Tchobanoglous. Tratamiento de Aguas Residuales en pequeñas Poblaciones.1998

1.9.1.1 Diseño de Rejillas

a. Área libre al paso del agua (A_L, m^2)

Ecuación 4

$$A_L = \frac{Q_{\text{Diseño}}}{V_{Bm}}$$

Donde:

$Q_{\text{Diseño}}$ = Caudal de diseño (m^3/s)

V_{Bm} = Velocidad a través de las rejillas (m/s)

b. Tirante de agua en el canal (h,m)

Ecuación 5

$$A_L = b \times h \quad \therefore \quad h = \frac{A}{b}$$

Donde:

b = Ancho de canal

c. Altura del canal (H)

Ecuación 6

$$H = h + H_s$$

Donde:

H_s = Altura de seguridad asumida

d. Longitud de las barras (Lb, m)

Ecuación 7

$$\text{sen } \alpha = \frac{h}{Lb} \quad \therefore \quad Lb = \frac{h}{\text{sen } \alpha}$$

e. Número de barras (Nb)

Ecuación 8

$$Nb = \frac{b}{e + s}$$

f. Pérdida de carga a través de las rejillas

Ecuación 9

$$h_f = \beta \times \left(\frac{s}{e}\right)^{4/3} \times \frac{V_{Bm}^2}{2g} \times \text{sen } \alpha$$

Donde:

h_f = Pérdida de carga

V_{Bm} = Velocidad a través de las rejillas (m/s)

β = Coeficiente de pérdida para la rejilla (adimensional)

s = Separación entre barras (m)

e = Espesor de la barra (m)

g = Aceleración de la gravedad ($9,8 \text{ m/s}^2$).

1.9.2 Consideraciones para el Diseño del Tanque Imhoff

Tabla 2-1: Criterios para el Diseño de Tanques Imhoff

PÁMETROS	VALOR
CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN	
Relación longitud:ancho	2:1 a 5:1
Pendiente	1,25:1 a 1,75:1
Abertura de las ranuras	15 - 30 cm
Proyección de las ranuras	15 - 30 cm
Baffle de espumas	45 - 60 cm
Encima de la superficie	15 cm
Tasa de desbordamiento superficial	$25 - 40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{d}$
Tiempo de Retención	2 - 4 h
CÁMARA DE DIGESTIÓN DE LODOS	
Volumen	55 a 100 L/cápita
Tubería de recolección de lodos	200 a 300 mm
Profundidad debajo de la ranura hasta la superficie superior del lecho de lodos	30 a 90 cm
Profundidad del tanque (desde la superficie del agua hasta el fondo del tanque)	7 a 10 m
Capacidad de almacenamiento de lodos	6 meses
ÁREA DE VENTILACIÓN DEL GAS	
Área Superficial	15 - 30 % del total
Ancho de la abertura	45 a 75 cm

Fuente: OPS/CEPIS/05.164 UNATSABAR Y RAS 2 000. SECCIÓN II. TÍTULO E

1.9.2.1 *Diseño del Sedimentador del Tanque Imhoff*

a. Área del Sedimentador

Ecuación 10

$$A_S = \frac{Q_{\text{DISEÑO}}}{C_S}$$

Donde:

$$\begin{aligned} A_S &= \text{Área del sedimentador (m}^2\text{)} \\ C_S &= \text{Carga Superficial (m}^3\text{/m}^2 \times \text{d)} \end{aligned}$$

b. Volumen del Sedimentador

Ecuación 11

$$V_S = Q_{\text{DISEÑO}} \times \text{tr}$$

Donde:

$$\begin{aligned} V_S &= \text{Volumen del sedimentador (m}^3\text{)} \\ \text{tr} &= \text{Tiempo de retención (día)} \end{aligned}$$

c. Longitud mínima del vertedero de salida (L_{V_s} , m)

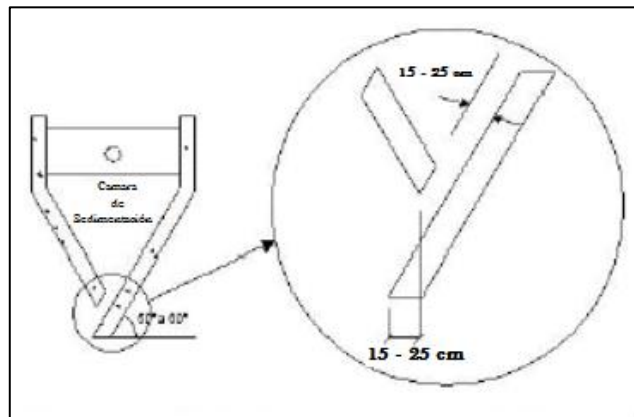
Ecuación 12

$$L_{V_s} = \frac{Q_{\text{máx}}}{C_{\text{hv}}}$$

Donde:

$$\begin{aligned} Q_{\text{máx}} &= \text{Caudal máximo diario de diseño (m}^3\text{/día)} \\ C_{\text{hv}} &= \text{Carga hidráulica sobre el vertedero.} \end{aligned}$$

Figura 8-2: Diseño del Sedimentador del Tanque Imhoff



Fuente: OPS/CEPIS/05.163. Diseños de tanques sépticos, Imhoff y lagunas de estabilización. 2005

Tabla 3-1: Factor de Capacidad Relativa

TEMPERATURA °C	FACTOR DE CAPACIDAD RELATIVA
5	2
10	1,4
15	1
20	0,7
≥25	0,5

Fuente: NORMA OS.090. 2006

1.9.2.2 Ecuaciones para el diseño de la Cámara de Digestión

a. Volumen de Almacenamiento y Digestión

Ecuación 13

$$V_d = \frac{70 \times P \times fcr}{1000}$$

Donde:

V_d = Caudal máximo diario de diseño ($m^3/día$)

fcr = Carga hidráulica sobre el vertedero

P = Población de Diseño

b. Tiempo requerido para la digestión de lodos

Tabla 4-1: Proceso de Digestión De acuerdo a la Temperatura

TEMPERATURA °C	TIEMPO DE DIGESTIÓN (DÍAS)
5	110
10	76
15	55
20	40
≥25	30

Fuente: NORMA OS.090. 2006

1.9.3 Criterios para el Diseño de Lechos de Secado

Se utilizara la Normativa Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización (OPS/CEPIS/05.164). Para diseñar lechos el lecho de secado de la nueva planta.

a) Cálculo de la carga de sólidos que ingresan al Sedimentador

Ecuación 14

$$C = \frac{\text{Población} \times \text{Contribución per cápita} \left(\frac{\text{gss}}{\text{kg}} \right)}{1000}$$

b) Masa de sólidos que conforman los lodos

Ecuación 15

$$Mds = (0,5 \times 0,7 \times 0,5 \times C) + (0,5 \times 0,3 \times C)$$

c) Volumen diario de lodos digeridos

Ecuación 16

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{\text{lodo}} \times \frac{\% \text{ Sólidos}}{100}}$$

Donde:

ρ lodo = Densidad de lodos

%Sólidos = Contenido de sólidos

d) Volumen a extraer del tanque imhoff

Ecuación 17

$$Vel = \frac{Vld \times Td}{1000}$$

Donde:

Vld = Volumen de lodos de la cámara de digestión

Td = Tiempo de digestión de lodos

e) Cálculo del área del lecho de secado

Ecuación 18

$$Als = \frac{V}{Hal}$$

Donde:

Als = Área del lecho de secado

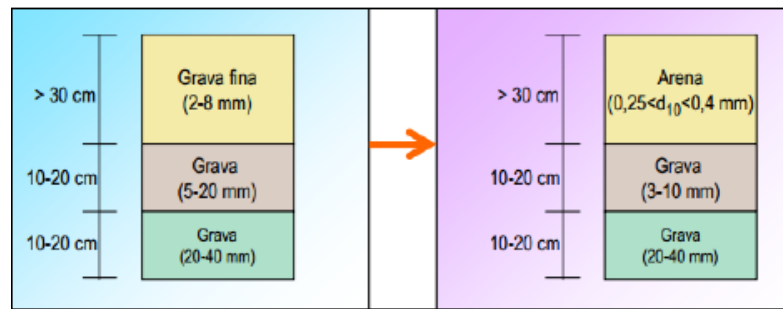
V = Volumen del lodo que llegará al área de secado

Hal = Profundidad de aplicación entre 0,20 a 0,40m

1.9.4 Criterios para el Diseño de Humedales Artificiales

La Planta de Tratamiento de agua residual “Rumipamba de las Rosas” cuenta con un Humedal Subsuperficial de Flujo Horizontal, donde se simulan las condiciones características de un humedal natural.

Figura 9-1: Espesores de la Capa del Medio Granular



Fuente: Corzo, Angélica & otros. Evaluación del Sistema de Tratamiento de aguas grises en Humedales Artificiales. 2008.

1.9.4.1 Consideraciones para la instalación de plantas macrofitas

Se recomienda la colocación de 10 plantas macrofitas en flotación por m² para que efectúen la depuración de las aguas residuales son aconsejables el uso de los siguientes tipos de plantas:

- Esparganios (*Sparganium* sp.)
- Diversas especies de juncos (*Cyperus* sp., *Scirpus*, *Juncus* etc.)
- Carrizos (*Phragmites* sp.).

1.9.4.2 Ecuaciones de Diseño para el Humedal Artificial

a) Área superficial

Ecuación 19

$$A_{SL} = \frac{Q_D \times \ln\left(\frac{C_o}{C_f}\right)}{K_T \times h \times n_p}$$

Donde:

- Q_D = Caudal de diseño del humedal (m³/día)
- C_f = Concentración DBO₅ efluente (mg/L)
- C_o = Concentración DBO₅ afluente (mg/L)
- h = Profundidad del humedal (m)
- n_p = Porosidad del medio granular (% expresado en fracción)

K_T = Constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura.

- **Cálculo de la Constante de reacción de primer orden**

Ecuación 20

$$K_T = 1104 \times 1,06^{T_2 - 20}$$

Donde:

T_2 = Temperatura del agua (°C)

b) Ancho del humedal

Ecuación 21

$$W = \frac{A_c}{h}$$

c) Largo del humedal

Ecuación 22

$$L = \frac{A_s}{W}$$

Donde:

A_s = Área superficial del humedal (m²)

W = Ancho del humedal (m)

1.10 Evaluación del Impacto Ambiental

Para la presente investigación se utilizará la matriz causa- efecto o matriz de Leopold, la cual consiste de un cuadro de doble entrada, en el cual en la primera columna se indica las actividades o acciones que serán causa de los posibles impactos y en cada una de las otras filas se indica los factores ambientales que pueden ser afectados por la acción respectiva.

1.11 Normativa Ambiental

1.11.1 Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes del Recurso Agua

Para la caracterización del agua residual proveniente de la red de alcantarillado y la verificación de la calidad del efluente que se descarga al Río Cutuchi proveniente de la Planta de Tratamiento de aguas Residuales “Rumipamba de las Rosas” objeto de estudio, se utilizará como base a la normativa emitida por el Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente “TULSMA”. Debido a que dentro del cantón Salcedo no existe una normativa u ordenanza que controle la descarga de los efluentes a los cuerpos de agua dulce.

- **Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.**

Proporcionada por el Ministerio de Ambiente permite valorar la Calidad de Descarga de Efluentes a un Cuerpo de Agua Dulce, Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA), Recurso Agua, Libro VI, Tabla 12, Anexo 1.

Tabla 5-1: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	LÍMITE MAX. PERMISIBLE
Aceites y Grasas (mg/L)	Sustancias solubles en hexano	0,3
Coliformes fecales	Nmp/100 ml	Remoción > al 99,9 %
Color real	PtCo	en dilución 1/20
DBO (mg/L)	BDO ₅	100
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	DQO	250
Fosforo total (mg/L)	P	10
Hierro total (mg/L)	Fe	10
Nitratos + Nitritos (mg/L)	Expresado como Nitrogeno (N)	10
Potencial de hidrogeno	pH	-
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	SST	100
Sólidos Totales (mg/L)	ST	1600
Sulfatos (mg/L)	SO ₄	1000
Temperatura	°C	< 35

Fuente: TULSMA . Tabla 12. “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Generalidades Del Área De Estudio

La presente investigación se desarrolló en la Planta de Tratamiento de Agua Residual del Barrio Rumipamba de las Rosas del cantón Salcedo, que conforme con el Censo de población y vivienda realizado en el año 2010 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos cuenta con una población de 58.216 habitantes, de los cuales 1.257 habitantes pertenecen al barrio Rumipamba de las Rosas en la actualidad, según la información proporcionada por el GAD. Municipal del cantón Salcedo.

El área de investigación presenta las siguientes coordenadas geográficas, obtenidas con GPS en coordenadas UTM con el sistema WGS84 fue ubicada a 767437,59 Longitud Este, 9884956,46 Latitud Norte una vez realizado el reconocimiento del área de estudio con el apoyo del personal encargado de la planta.

Tabla 1-2: Localización de la Investigación

PROVINCIA	DIRECCIÓN	UBICACIÓN DE LA PTAR
COTOPAXI	Av. Línea Férrea entre c/ Mario Mogollón y c/ Monseñor Leónidas Plaza	Barrio Rumipamba de las Rosas

Realizado por: Angiuli O.

2.1.1 Climatología

Durante el periodo de verificación in situ, medición y monitoreo que se realizó durante los meses de Agosto y Septiembre 2014 se registraron las siguientes variaciones de temperatura mediante un

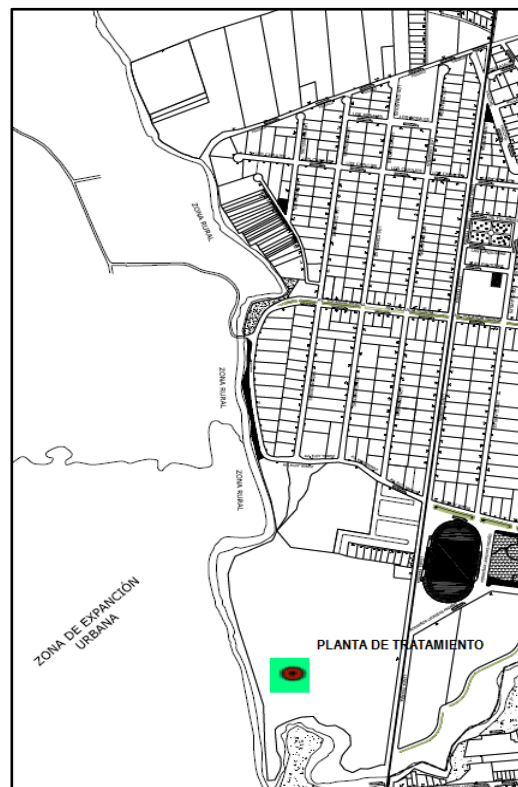
conductímetro: en mañana 13 a 15°C; medio día 16 a 19°C (nubes dispersas); y por la noche 8 a 12°C y no hubo presencia de precipitaciones.

Estos datos son corroborados con la información obtenida del INAMHI de la estación meteorológica RUMIPAMBA- SALCEDO. (Ver Anexo A).

2.1.2 Determinación de las Pendientes del Área de Estudio

Para determinar la pendiente del terreno se utilizó tres varas con cintas métricas de 100cm fijas, con las cuales se midió la altura y la longitud tramo por tramo desde la caja de entrada hasta el humedal artificial, una vez realizado este procedimiento se aplicaron los cálculos respectivos.

Figura 1-2: Ubicación de la PTAR



Realizado por: Angiuli O.

2.2 Recolección de Información

Los datos obtenidos durante el desarrollo del presente estudio se los recolecto mediante los siguientes métodos:

- **Método cualitativo:** este método se utilizó para determinar cuáles son los sistemas que integran la PTAR Rumipamba de las Rosas, a su vez me permitió conocer el funcionamiento de las operaciones unitarias desarrolladas por estos sistemas, así como señalar si estos funcionaban de manera permanente.
- **Método cuantitativo:** este método fue de gran utilidad al momento de caracterizar el agua residual proveniente de la planta de tratamiento, ya que una vez obtenido los resultados de la caracterización se determinó: la eficiencia de remoción de los parámetros SST y DBO₅, la cantidad de agua residual que era depurada por la planta de tratamiento y determinar si los sistema que integraban la planta funcionaban en óptimas condiciones.
- **Método Delphi:** este método se utilizó para recolectar información sobre las condiciones actuales en las que se encontraba la planta de tratamiento, a través de preguntas realizadas al personal del GAD. Municipal del cantón Salcedo, encargado de su supervisión y mantenimiento.
- **Entrevistas:** por medio de las entrevistas realizadas al personal encargado de la PTAR se conoció la fecha de creación de la planta, la ubicación geográfica, la regularidad del funcionamiento, el cronograma de mantenimiento de los sistemas que integran la planta, el uso del EPP por parte del personal encargado del mantenimiento.

Todo esto a fin de que se facilite el análisis comparativo de los datos obtenidos, y la determinación de la condición actual de la planta de tratamiento así como el dimensionamiento y el rediseño del Sistema de Tratamiento.

2.3 Diagnóstico Técnico

2.3.1 Verificación in situ de las dimensiones de los planos

Una vez que se obtuvo una copia de los planos que se encontraban bajo la administración del GAD. Municipal del cantón Salcedo de la PTAR Rumipamba de las Rosas, se procedió hacer la verificación in situ de las dimensiones de cada uno de los sistemas que integran la planta y de las especificaciones señaladas en los planos, para ello se utilizó un flexómetro, una vara con una cinta métrica fija para medir la profundidad del el tanque imhoff, a su vez se realizaron con ayuda del personal encargado de la planta excavaciones, para determinar si el medio filtrante tanto del humedal artificial como del lecho de secado cumplía con las especificaciones señaladas en los planos. En cada procedimiento efectuado se utilizó el EPP.

2.3.2 Verificación in situ del funcionamiento de la planta

Se realizó la observación del estado actual de la PTAR Rumipamba de las Rosas mediante un recorrido dirigido por el personal del GAD. Municipal encargado de la misma, se hizo una descripción de los procesos y de la función que desempeñaba cada uno de los sistemas, se observó si el paso del caudal era fluido o si había obstrucciones que ralentizaran los procesos, se verificó el funcionamiento de las válvulas y compuertas del lecho de secado. Se observó el estado de las macrofitas del humedal artificial y se constató su inadecuado funcionamiento.

2.3.3 Determinación del Caudal

Para la determinación del caudal se utilizó el método volumétrico (método directo) debido a las dificultades de acceso al colector, porque la tubería (\varnothing 200 mm) que ingresa a la planta de tratamiento se encuentra al nivel del piso de la caja de entrada.

Para medir el caudal se utilizó una cubeta de 5L y se cronometró el tiempo en el que esta tardaba en llenarse, este procedimiento se realizó durante 5 días (Lunes a Viernes) con intervalos de 30 min. desde las 8:00 am hasta 17:00 pm. Se efectuaron tres repeticiones para sacar un promedio del tiempo para garantizar mayor exactitud de los resultados. Con la relación entre estas dos medidas

se determinó el caudal (Q) en cada período, ya que ambas mediciones, V y t son tomadas de forma simultánea.

2.3.4 Caracterización Físico-química y Microbiológica de las Aguas Residuales

a. Selección de la muestra: Antes de realizar el muestreo se procedió a medir el caudal y elaborar los hidrogramas, ya que es de gran importancia diferenciar los días en los que se tiene un mayor y menor caudal, por esta razón se tomó el día miércoles y jueves donde se obtuvo el menor y mayor caudal respectivamente. Se procedió a tomar 1L de agua residual cada 30 minutos desde las 8:00am a 17:00pm, hasta obtener la cantidad de 19L (muestra compuesta) de cada uno de los puntos de muestreo (afluente, salida de rejillas, salida del tanque Imhoff, descarga final). Se distribuyó la muestra en los envases para ser enviados a los laboratorios, para su respectiva caracterización y luego se los procedió a rotular con: nombre de la muestra, fecha de muestreo, hora de muestreo.

b. Rotulado y cuidado de la muestra: Para evitar derrame o alteraciones de las muestras es necesario identificar las muestras con su respectiva etiqueta en la que conste: lugar, fecha y hora. Se procuró cerrar bien los frascos al momento de su traslado al lugar de análisis.

c. Materiales de muestreo:

Se realizó un muestreo manual, para el cual se utilizó los siguientes materiales:

- Guantes
- Mascarilla
- Termómetro
- Cubeta (5L)
- Envases de Vidrio ámbar (1L)
- Envases de plástico estéril (200mL)
- Probeta (500mL)
- Cooler

d. Almacenamiento y preservación de la muestra: A los recipientes se los preservó en refrigeración para que la integridad física – química - biológica de la muestra se mantenga dentro del intervalo de tiempo comprendido entre la recolección de la muestra y su análisis.

2.3.5 Parámetros de Análisis

La caracterización del agua residual es necesaria para conocer que contaminantes se encuentran presentes, con el fin de aplicar un tratamiento adecuado que garantice su correcta y eficiente depuración.

Las muestras de aguas recogidas fueron rotuladas y enviadas al Laboratorio del área de control de calidad EP-EMAPA de la ciudad de Guaranda y al Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias, para el análisis de los parámetros (pH, Conductividad, DBO₅, DQO, SST, Sólidos Disueltos, Sólidos Totales) y para el análisis de DBO₅, DQO, Tensoactivos del afluente y efluente, las muestras fueron enviadas al CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental), ya que el GAD. Municipal no cuenta con instalaciones apropiadas para realizar análisis de agua residual.

El muestreo de los procesos unitarios mencionados se realizó 2 veces en el mes, debido a que los datos obtenidos iban a ser comparados con el TULSMA, Libro VI, Anexo 1. Tabla 12 “Límites de descarga en un cuerpo de agua dulce” para la verificación de su cumplimiento.

Para la caracterización de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua residual de la PTAR Rumipamba de las Rosas, se tomaron muestras de agua tanto en la entrada (afluente), después del desbaste (salida de rejillas), en la entrada y salida del tanque Imhoff y en la descarga final (efluente).

Los métodos que se utilizaron para el análisis de laboratorio de las Aguas residuales de la PTAR Rumipamba de las Rosas, están adaptados al manual “Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales”.

Tabla 2-2: Métodos y Procedimientos Utilizados para el Análisis de AR

PARÁMETROS	Procedimiento Específico
Coliformes fecales	Standard Methods Ed-21-2005, 9222B
Ph	Standard Methods Ed-21-2005, 4500H+ -B
DBO₅	SMs Ed - 21 2005 5210 D
DQO	Standard Methods Ed-21, 2005, 5220 D
Fosfatos	Standard Methods Ed- 21-2005,4500P C
Sólidos Sedimentables	Standard Methods Ed-21-2005, 2540 F
Sólidos Suspendidos	Standard Methods Ed-21-2005, 2540-D
Sólidos Totales	Standard Methods Ed-21-2005, 2540B
Tensoactivos	Standard Methods Ed-21-2005, 5540C

Fuente: Laboratorio del área de control de calidad EP-EMAPA de la ciudad de Guaranda / LABCESTTA.

2.4 Propuesta

Una vez obtenida la información pertinente se procedió a registrar y evaluar los datos recolectados tanto del monitoreo de campo como de la caracterización del agua residual.

- Del monitoreo de campo se recolectaron datos de población actual, promedio de caudales (caudal soportado por la planta, caudal de diseño, máximo diario y mínimo diario), y funcionamiento actual de la planta.
- De los resultados del análisis de laboratorio se realizó una tabla comparativa con la norma ambiental aplicable (TULSMA, Libro VI, Anexo 1. Tabla 12 “Limites de descarga en un cuerpo de agua dulce”) para determinar su cumplimiento.

Posterior a esto se propone una solución viable en cuanto a los sistemas que deberán rediseñarse en la planta de tratamiento de aguas residuales y que medidas correctivas y preventivas tomarse en cuanto su mantenimiento.

2.5 Dimensionamiento

Para el dimensionamiento de las unidades que formarán parte del sistema de tratamiento de la planta se tomó como referencia las siguientes normas y guías:

- CPE INEN 005-9-1. 1992: Código Ecuatoriano de la construcción C.E.C. Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1 000 Habitantes.
- Subsecretaría de Saneamiento Ambiental y Obras Sanitarias y el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, EX - IEOS.
- Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución de Obras e Instalaciones Hidráulicas. Distrito Federal de los Estados Unidos Mexicanos.
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000, Sección II Títulos E, Tratamiento de Aguas Residuales, República de Colombia.
- Organización Panamericana de la Salud, Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental (OPS), Lima – Perú. 2005.

2.6 Elaboración de planos

Para la elaboración de los planos de la planta de tratamiento se utilizó el Software AUTOCAD, con las siguientes escalas de 1:200, 1:50, 1:75, 1:125, 1:350 indicada en los planos respectivos.

2.7 Identificación y Evaluación del Impacto Ambiental

Para la presente investigación es necesario identificar y evaluar los posibles impactos que pueden ser generados por el funcionamiento actual de la planta y los procedimientos que en ella se desarrollan, así como señalar las interacciones entre las actividades (construcción, funcionamiento y mantenimiento de la planta de tratamiento), los factores ambientales y otras relaciones directas o indirectas.

2.7.1 Elaboración de la matriz de Leopold

- Como primer paso se identifican las acciones en la parte superior de la matriz.
- Después de que se colocan las acciones en las columnas, se ubican los factores ambientales en las filas de la matriz, y se procede a ubicar la calificación de haberse dado un impacto.
- Finalizada la estructura de la matriz se procede a ubicar en la esquina superior izquierda de cada cuadro, la calificación de 1 a 10 la MAGNITUD del posible impacto.
- Delante de cada calificación poner + o - si el impacto es negativo o positivo. En la esquina inferior derecha de cada cuadrado calificar de 1 a 10 la IMPORTANCIA.

Tabla 3-2: Valoración de la Magnitud (Matriz de Leopold)

CALIFICACIÓN	INTENSIDAD	AFECCIÓN
1	Baja	Baja
2	Baja	Media
3	Baja	Alta
4	Media	Baja
5	Media	Media
6	Media	Alta
7	Alta	Baja
8	Alta	Media
9	Alta	Alta
10	Muy alta	Alta

Fuente: Leopold, 1871.

Tabla 4-2: Valoración de la Intensidad (Matriz de Leopold)

CALIFICACIÓN	DURACIÓN	INFLUENCIA
1	Temporal	Puntual
2	Media	Puntual
3	Permanente	Puntual
4	Temporal	Local
5	Media	Local
6	Permanente	Local
7	Temporal	Regional
8	Media	Regional
9	Permanente	Regional
10	Permanente	Nacional

Fuente: Leopold, 1871.

La agregación de los impactos se realiza mediante la siguiente expresión matemática:

Ecuación 23

$$\text{Agregación de Impactos} = \sum ((M \times I)_2 + (M \times I)_2 + (M \times I)_2 + (M \times I)_n \dots \dots)$$

Donde:

M = Magnitud

I = Importancia

Tabla 10-2: Rangos para la calificación Ambiental del Impacto

RANGOS	SIGNIFICADO
0 a 2,5	Leve
2,6 a 5	Moderado
5,1 a 7,5	Severo
7,6 a 10	Critico

Fuente: CONESA (1993 – 1997).

CAPÍTULO III

3. CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

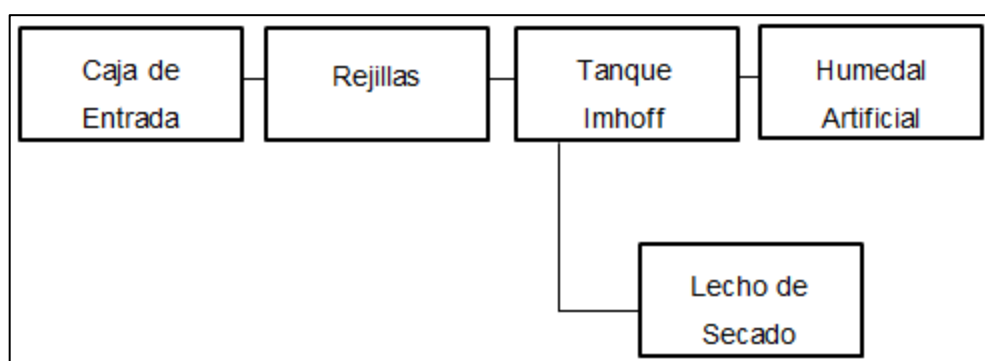
3.1 Diagnostico Técnico

El diagnostico técnico se obtuvo una vez recopilada la información de la verificación in situ de los planos y de la verificación del funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Rumipamba de las Rosas.

Actualmente la planta recibe el agua residual del barrio Rumipamba de las Rosas, el mismo que abarca los sectores: universidad, central, de navas y san miguel según el plan de ordenamiento territorial del cantón salcedo, de los que parte la red de alcantarillado hacia la planta de tratamiento, la que está constituida por una caja de entrada, rejillas, tanque imhoff, lecho de secado y humedal artificial.

3.1.1 Partes del Sistema

Figura 1-3: Diagrama de flujo de la planta de tratamiento



Realizado Por: Angiuli O.

3.1.2 Dimensiones del Actual Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del Barrio Rumipamba de las Rosas

- **Caja de Llegada**

Tiene como función recibir el agua residual proveniente de la red de alcantarillado del barrio Rumipamba de las Rosas, de igual forma amortigua la velocidad del caudal de entrada a la PTAR.

Tabla 1-3: Dimensiones de la Caja de Llegada

CAJA DE LLEGADA		
PARÁMETRO	UNIDAD	VALORES
Largo	m	4,05
Ancho	m	1,49
Alto	m	2,19
Espesor de Pared	m	0,2

Realizado Por: Angiuli O.

- **Rejillas**

Las rejillas se encuentran en una caja de hormigón rectangular de 3,41 m x 2,42 m x 2 m (largo, ancho, alto), con un espesor de pared de 20 cm. Con perforaciones en la superficie de la caja.

Tiene como función principal retener los sólidos gruesos. Esta se conecta al tanque imhoff por medio de una tubería de PVC de 200 mm de diámetro.

En la actualidad su estructura está en perfectas condiciones, y el agua pasa de un sistema a otro con ayuda de la pendiente inclinada que posee el terreno.

Tabla 2-3: Dimensiones de la rejilla

REJILLAS		
PARÁMETRO	UNIDAD	VALORES
Largo	m	2,1
Ancho	m	2,2
Separacion entre rejas	cm	0,11
Espesor de rejas	mm	12
Pendiente en relacion a la vertical	°	58°
Velocidad	m/s	0,4

Realizado Por: Angiuli O.

- **Tanque Imhoff**

Posterior a la zona de desbaste se encuentra el tanque imhoff es una estructura de hormigón rectangular, la misma que se conecta al humedal artificial por medio de una tubería de PVC de 200 mm de diámetro, consta de un quemador que permiten la eliminación de gases, conectados por una tubería de 75 mm de diámetro. En la actualidad esta estructura presenta obstrucción en la cámara de natas ocasionada por lodos y sedimentos, a su vez los lodos de la cámara de digestión no salen por medio de la tubería de lodos al lecho de secado (sin uso desde hace 3 años aprox.).

Tabla 3-3: Dimensiones del Tanque Imhoff

TANQUE IMHOFF		
PARÁMETRO	UNIDAD	VALORES
CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN		
Largo	m	14,9
Ancho	m	3,7
Alto	m	2,5
Altura de Rebose	m	0,5
CÁMARA DE DIGESTIÓN		
Largo	m	16,64
Ancho	m	5,55
Alto	m	6,12
Altura de Seguridad	m	0,3
Espesor de Pared	m	0,3
TRH	horas	4

Realizado Por: Angiuli O.

- **Lecho de secado**

Esta estructura tiene forma rectangular, consta de una tubería perforada de 160 mm de diámetro en la parte inferior, seguida de una capa de grava gruesa. En la actualidad esta estructura no es utilizada.

El lecho de secado cuenta con las siguientes dimensiones:

Tabla 4-3: Dimensiones del Lecho de Secado

LECHO DE SECADO		
PARÁMETRO	UNIDAD	VALORES
Largo	m	5,6
Ancho	m	4,6
Alto	cm	90
Espesor de la grava	cm	60
Espesor de Pared	cm	20

Realizado Por: Angiuli O.

- **Humedal Artificial**

Para finalizar con el tratamiento que se le da a las aguas residuales la planta cuenta con un humedal artificial o pantano artificial el mismo que tiene como material vegetal carrizo, en la actualidad se cuenta con el 50% de este para la depuración de las aguas residuales.

La estructura donde se encuentra el humedal artificial es cuadrada, en la parte inferior tiene una membrana plástica, material pétreo, grava gruesa y arena cuenta con una serie de tuberías de 50 mm de diámetro que permiten la distribución homogénea de agua. También cuenta con una tubería de 150 mm de diámetro para el desalojo de lodos que está conectada con el lecho de secado.

En la actualidad este sistema no ejecuta una depuración eficiente de las aguas residuales ya que aquí aumenta el color de las aguas debido a un aumento de sedimentos.

El humedal artificial cuenta con las siguientes dimensiones:

Tabla 5-3: Dimensiones del Humedal Artificial

HUMEDAL ARTIFICIAL		
PARÁMETRO	UNIDAD	VALORES
Largo	m	50,96
Ancho	m	32,6
Alto	cm	90
Medio Granular	cm	60
Resguardo	cm	50

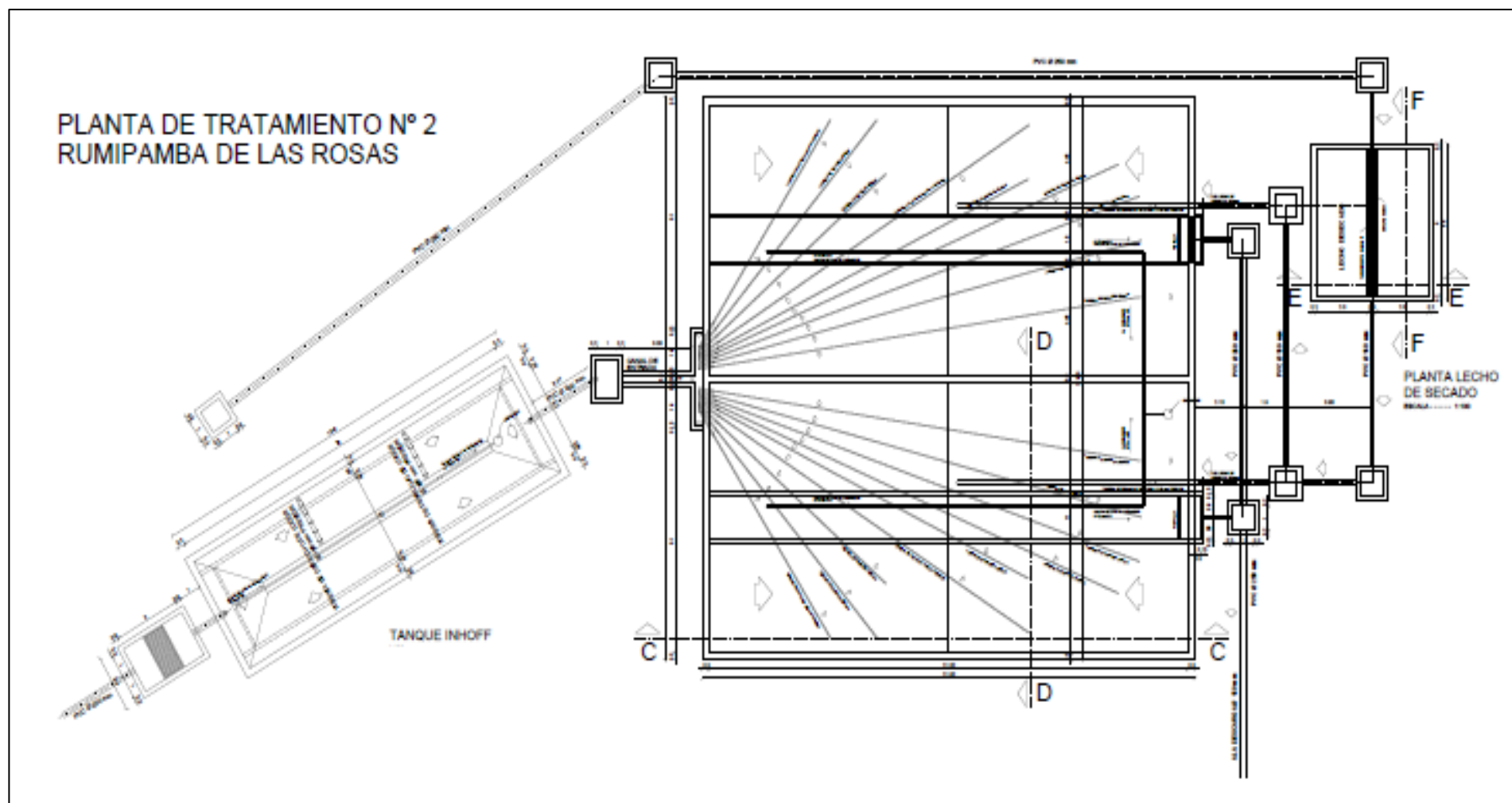
Realizado Por: Angiuli O.

3.1.3 Verificación del Funcionamiento (Observaciones)

Dentro de la planta de tratamiento se observó que la caja de entrada por donde ingresa el agua residual a la planta de tratamiento, tiene una compuerta en la que al momento de hacer la limpieza y cuando se presentan lluvias, esta es cubierta por un costal lleno de arena para desviar el agua directamente al río, luego el agua pasa a la zona de desbaste y se observa que en las rejillas se ha colocado una malla y una tabla de madera para que la arena, piedras, entre otros; se sedimenten (sedimentador improvisado). Después el AR pasa al tanque imhoff, donde las cámaras de natas se encuentran obstruidas por lodos, para culminar con el tratamiento las aguas residuales pasan al humedal artificial donde se cuenta para la depuración solo con un 50% de la totalidad del carrizo.

Se notó que no existe la disposición de los lodos al lecho de secado.

Figura 2-3: Representación en AutoCAD de la PTAR “Rumipamba de las Rosas”

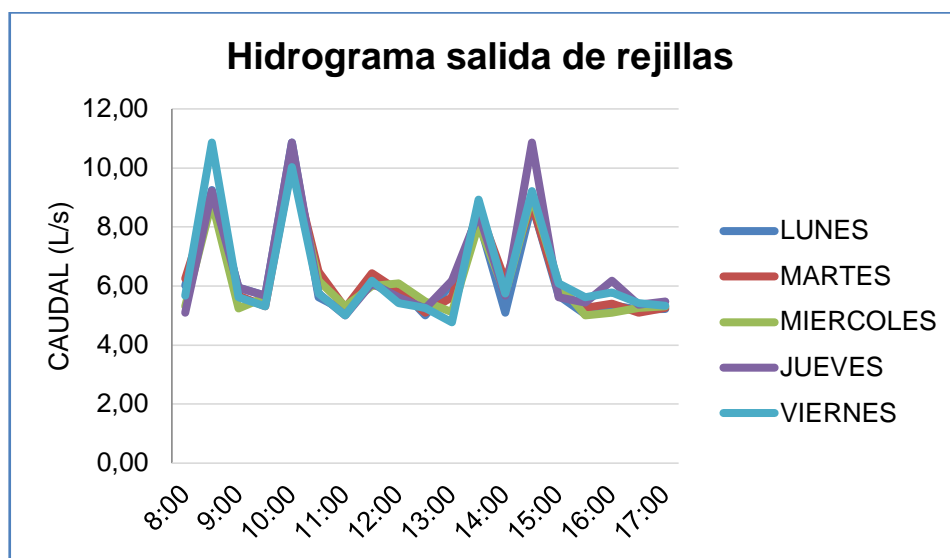


Realizado Por: Angiuli O.

3.2 Medición del Caudal

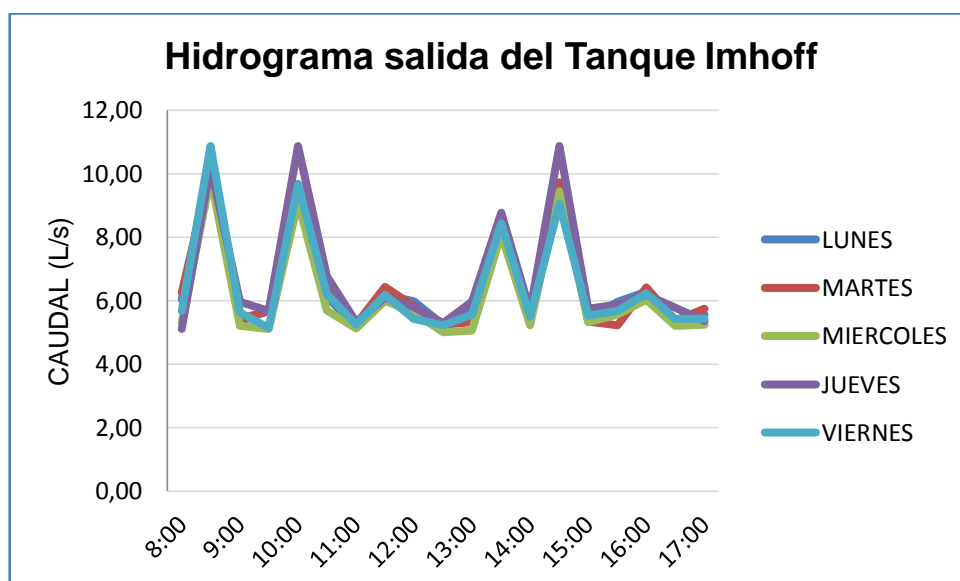
Una vez medido el caudal en la planta de tratamiento en el periodo de 5 días, se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 3-3: Variación de Caudal en el Punto 1



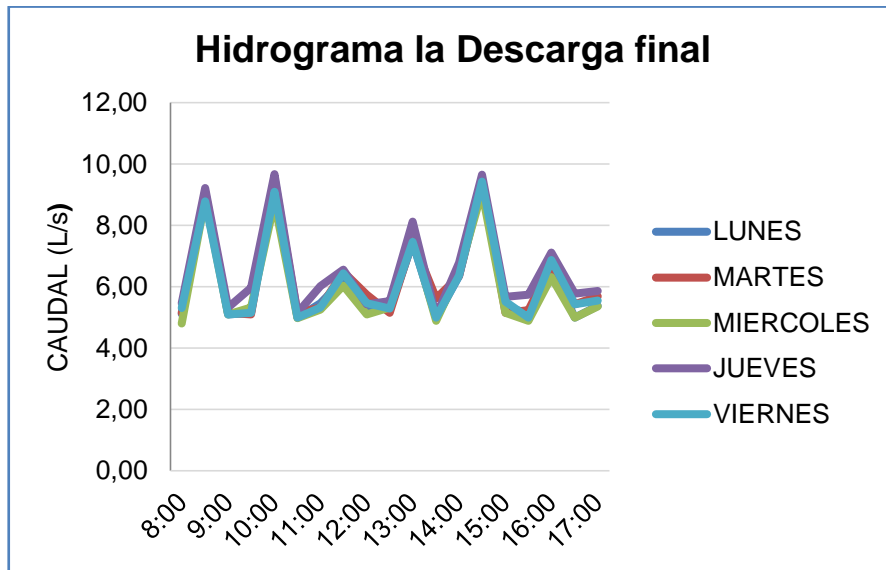
Realizado Por: Angili O.

Figura 4-3: Variación de Caudal en el Punto 2



Realizado Por: Angili O.

Figura 5-3: Variación de Caudal en el Punto 3



Realizado Por: Angiuli O.

Tabla 6-3: Resultado de la Medición del Caudal de las Aguas Residuales

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	
8:00	6,02	6,25	5,32	5,10	5,68	
8:30	9,25	9,11	8,86	9,21	10,80	
9:00	5,95	5,68	5,24	5,95	5,62	
9:30	5,68	5,32	5,62	5,68	5,32	
10:00	10,87	10,15	10,12	10,87	10,03	
10:30	5,62	6,49	6,17	5,75	5,75	
11:00	5,14	5,26	5,32	5,00	5,00	
11:30	6,17	6,43	6,00	6,10	6,17	
12:00	5,97	5,83	6,10	5,62	5,42	
12:30	5,00	5,10	5,47	5,24	5,26	
13:00	6,10	5,62	4,76	6,17	5,12	
13:30	8,26	8,64	8,10	8,45	8,93	
14:00	5,10	6,17	5,75	5,68	5,75	
14:30	8,78	8,79	9,05	10,87	9,21	
15:00	5,68	5,79	6,10	5,62	6,10	
15:30	5,04	5,26	5,51	5,44	5,01	
16:00	5,34	5,41	5,10	6,17	5,78	
16:30	5,21	5,10	5,26	5,37	5,42	
17:00	5,22	5,26	5,32	5,47	5,33	SEMANAL
Cadal Promedio (L/s)	6,34	6,40	6,26	6,51	6,42	6,39
Caudal Máximo (L/s)	10,87	10,15	10,12	10,87	10,80	10,87
Caudal Mínimo (L/S)	5,00	5,10	4,76	5,00	5,01	4,76

Realizado Por: Angiuli O.

Como se puede apreciar en la Tabla 6-3, el día en el que se registra un mayor caudal de ingreso a la planta es el día jueves con un valor de 10,87 L/s, el día donde existe un menor caudal de ingreso de agua residual a la planta es el día miércoles con un valor de 4,76 L/s, mientras que el caudal promedio semanal es 6,39 L/s.

Los caudales registrados están dentro del rango de caudal establecidos en los registros del Dpto. de Alcantarillado y Agua Potable del GAD. Municipal del cantón Salcedo, por lo que esta información puede ser corroborada, ya que aquí se almacena la información de las 9 plantas de tratamiento del cantón. Donde el caudal promedio semanal para esta planta de tratamiento del barrio Rumipamba de las Rosas es de 6,20 L/s.

Las Figuras 3-3, 4-3, y 5-3 representan a los hidrogramas de la variación de caudal, obtenidos en la medición de caudal realizada de lunes a viernes a la salida de las rejillas, salida del tanque imhoff y en la descarga final todos de forma simultánea. Donde el área bajo los hidrogramas es el volumen que ha pasado por los puntos de aforo. Los picos más altos que muestran los hidrogramas están dados a las 8:30 am, 10:00 am, 13:30 pm, y por ultimo a las 14:30 pm los que son producidos por la actividad generada antes de estas horas, en el área de influencia a la planta.

Durante la mañana las actividades que ocasionan el primer pico son el consumo de agua para el aseo, la limpieza y la preparación de alimentos ya que existen dos escuelas, un subcentro de salud, una hostería y los restaurantes ubicados en el sector, los cuales empiezan su jornada laboral entre las 7:30 a 8:00 am. El segundo pico es a las 10:00 am es debido a que dentro de las instituciones escolares se da la hora de recreo o receso (duración 30 min), el riego de jardines en la hostería. El tercer pico dado a las 13:30 pm está dado por las actividades tales como: el aseo, limpieza y preparación de alimentos, ya que los estudiantes se preparan para la jornada vespertina en las instituciones escolares y se daba la preparación de alimentos en la hostería y en los restaurantes. El cuarto pico de las 14:30 pm esta dado ya que dentro de las instituciones escolares de la jornada vespertina se da la hora de recreo (duración 30 min) y el mantenimiento de jardines en la hostería.

Esta información fue obtenida por una encuesta realizada a las instituciones escolares, hostería, subcentro de salud, a los restaurantes y a 100 viviendas del barrio Rumipamba de las rosas. Las preguntas iban direccionas para conocer las actividades en las que se ocupa una mayor cantidad de agua y en qué horas, del periodo comprendido desde las 7:00 am hasta las 17:00 pm.

También se contó con información proporcionada por el Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Salcedo, Tomo 1 Cap. 13 Diagnostico Territorial, para determinar cuáles eran los locales

comerciales e instituciones gubernamentales que se encontraban en el sector de influencia directa a la planta.

3.3 Caracterización Físico-Química y Microbiológica

Para la caracterización del agua residual tomada de los cuatro puntos de muestreo, las muestras fueron enviadas al área de control de calidad EP-EMAPA de la ciudad de Guaranda, al Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias y al CESTTA como se menciona en el capítulo II, literal 2.3.5. A los Laboratorios solo se enviaron a analizar 8 muestras compuestas de dos días: miércoles siendo el día de menor caudal y jueves mayor caudal (4 muestras de cada día), debido a que por falta de recursos económicos para costear los análisis y de personal que colaborara para el muestreo, ya que para el acceso a la caja de entrada (profundidad 2,5 m) se necesitaba la colaboración de uno de los encargados, pero tomando en cuenta que debía cumplir con el mantenimiento de las otras plantas de tratamiento del cantón, era imposible contar con su ayuda durante toda la semana. Para ello obtuvo una autorización emitida por el alcalde, para su colaboración en dos días, es por eso que escogimos los días de mayor y menor caudal para proceder con el muestreo. Los resultados obtenidos fueron comparados con la norma ambiental TULSMA para la verificación de su cumplimiento.

Utilizándose como referencia para los parámetros análisis realizados por el GAD. Municipal en el laboratorio CORPLAB en agosto del 2013.

3.3.1 Valores Obtenidos en la Caracterización del Agua Residual

La determinación del estado actual de la planta, implicó el análisis físico, químico y microbiológico del agua residual que ingresa y se descarga de la planta para de esta manera contar con los datos suficientes, a fin que se pueda establecer la eficiencia de la planta de tratamiento. Donde varios de los parámetros cumplen con la Normativa Ambiental TULSMA, a excepción del DBO₅, DQO, Tensoactivos, Nitratos y Coliformes Fecales.

Tabla 7-3: Análisis del Agua Residual

PARÁMETROS	UNIDAD	PUNTOS DE MUESTREO								*LÍMITE MAXIMO PERMISIBLE	Cumplimiento TULSMA
		AFLUENTE		SALIDA DE REJILLAS		SALIDA DEL TANQUE IMHOFF		DESCARGA FINAL			
		Miercoles	Jueves	Miercoles	Jueves	Miercoles	Jueves	Miercoles	Jueves		
Color real	unidades de color	84,00	85,00	54,00	55,00	47,00	47,00	56,00	57,00	* Inapreciable en dilución 1/20	No Cumple
DBO ₅	mg/L	316	315	385	385	275	270	215	220	100	No Cumple
DQO	mg/L	511	510	559	565	445	455	400	405	250	No Cumple
Fosfatos	mg/L	>25	>25	>25	>25	>25	>25	>25	>25	10	Cumple
Hierro total	mg/L	0,205	0,207	0,215	0,216	0,125	0,128	0,118	0,128	10	Cumple
Nitratos + Nitritos	mg/L	46,80	47,70	36,20	36,80	17,50	17,00	13,00	12,00	10	No Cumple
SST	mg/L	76	76	150	140	41	40	42	40	100	Cumple
Sólidos Totales	mg/L	862	864	894	892	711	710	740	740	1600	Cumple
Tensoactivos	mg/L	6,56	6,58	6,55	6,53	7,80	7,88	7,86	7,80	0,5	No Cumple
Coliformes fecales	Nmp/100ml	820	824	956	964	520	520	520	520	Remoción > al 99,9 %	No Cumple

Realizado Por: Angiuli O.

Fuente: TULSMA, LIBRO VI, ANEXO 1. Tabla 12 “Limites de descarga en un cuerpo de agua dulce”.

Los parámetros analizados Temperatura, Color Real, Conductividad, DBO₅, DQO, Fosfatos, Hierro total, Nitratos + Nitritos, SST, Sólidos Totales, Tensoactivos y Coliformes fecales.

En la Tabla 7-3 se realiza la respectiva comparación de los resultados obtenidos en los laboratorios, con la norma ambiental vigente TULSMA, LIBRO VI, ANEXO 1. Tabla 12 “Limites de descarga en un cuerpo de agua dulce”, dando como resultado que los parámetros que cumplen con la normativa son: Fosfatos, Hierro total, SST y Sólidos Totales. Mientras que los parámetros como: Color Real, DBO₅, DQO, Fosfatos, Nitratos + Nitritos, Tensoactivos y Coliformes fecales se encuentran fuera de los límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Según los resultados mostrados en la Tabla 7-3 podemos decir que las unidades que conforman la planta de tratamiento no están cumpliendo con la función para la que fueron diseñadas, ya que se puede apreciar que el agua residual que entra a la planta de tratamiento al pasar por las rejillas ubicadas en la caja de retención de sólidos sufre un aumento de la carga contaminante en los parámetros DBO₅, DQO, Sólidos Totales y Coliformes Fecales. La razón por la que se produce este aumento es debido a que sobre las rejillas se encuentra ubicada una malla metálica y una tabla de madera con las cuales se pretende retener las arenas y el material sólido (fundas, ramas, piedras, etc.), esto no solo produce malos olores al no permitir el flujo libre del caudal a la planta sino que también provoca un aumento en los valores de los parámetros antes señalados, así como un estancamiento del agua residual.

Con los resultados de la caracterización del agua tratada y el diagnóstico respectivo de la planta de tratamiento, se verifica que el sistema de tratamiento actual no cumple con los objetivos de remoción, en base a los parámetros que permiten evaluar la eficiencia de la planta como son: DBO₅ y DQO. El excedente de estos puede ser ocasionado por infiltraciones de aguas de riego en la red de alcantarillado.

El aumento del parámetro Nitratos + Nitritos se debe a la descomposición de materia orgánica, ya que es uno de los principales precursores de proteínas.

También se puede apreciar un aumento significativo de tensoactivos dentro de las instalaciones de la planta que entra con un valor de 6,58mg/L y en la descarga final llega a los 7,80 mg/L, siendo su límite permisible 0,5 mg/L. Esto es debido a que el agua residual al ser de origen domestico contiene una gran cantidad de detergentes, cloros y productos de limpieza que presentan en su composición compuestos Tensoactivos, empleados como: emulsionantes, humectantes, y solubilizantes. A su vez al no existir un mantenimiento (limpieza de natas) en el tanque imhoff, los lodos digeridos no son evacuados al lecho de secado, y no se cumple con los tiempos de retención

necesarios se hace imposible que se baje la contaminación provocada por tensoactivos. De igual manera sucede con el humedal artificial donde se mantiene el mismo valor.

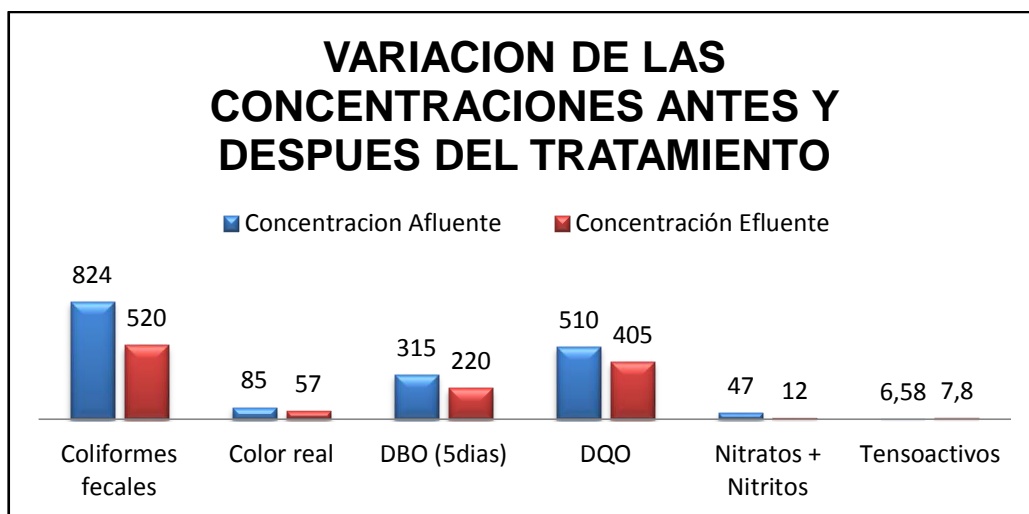


Figura 6-3: Comparación de Concentraciones Antes y Después del Tratamiento.

Realizado Por: Angiuli O.

Como se puede visualizar en la Figura 16-4 las concentraciones de Color, DBO₅, DQO, Nitratos + Nitritos, Coliformes fecales presentan una reducción considerable en sus concentraciones, se puede apreciar también que en el parámetro Tensoactivos existe un aumento de la concentración, sin embargo estos parámetros analizados en el efluente (descarga final) no están cumpliendo con la normativa vigente TULSMA.

3.4 Determinación de la Eficiencia de Remoción de SST, DBO₅ y DQO.

Para determinar la eficiencia de remoción en los sistemas que integran la PTAR se empleó las siguientes ecuaciones:

a) Rejillas

- Eficiencia de la remoción de SST en las Rejillas

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{SST Entrada} - \text{SST Salida}}{\text{SST Entrada}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia SST} = \frac{76 - 140}{76} \times 100$$

$$\text{Eficiencia SST} = -0,8\%$$

b) Tanque Imhoff

El tanque Imhoff disminuye la cantidad de DBO en un 25 a 50% y elimina del 40 al 50% de SST. (OPS/CEPIS/05.163).

- **Eficiencia de la remoción de DBO₅ en el Tanque Imhoff**

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Carga Contaminante Entrada} - \text{Carga Contaminante Salida}}{\text{Carga Contaminante Entrada}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia DBO}_5 = \frac{385 - 270}{385} \times 100$$

$$\text{Eficiencia DBO}_5 = 29,87\%$$

- **Eficiencia de la remoción de DQO**

$$\text{Eficiencia DQO} = \frac{565 - 455}{565} \times 100$$

$$\text{Eficiencia DQO} = 19,47\%$$

- **Eficiencia de la remoción de SST en el tanque Imhoff**

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{SST Entrada} - \text{SST Salida}}{\text{SST Entrada}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia SST} = \frac{140 - 40}{140} \times 100$$

$$\text{Eficiencia SST} = 71,43\%$$

c) Humedal Artificial

- **Eficiencia de la remoción de DBO₅ en el Humedal Artificial**

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Carga Contaminante Entrada} - \text{Carga Contaminante Salida}}{\text{Carga Contaminante Entrada}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia DBO}_5 = \frac{270 - 220}{270} \times 100$$

$$\text{Eficiencia DBO}_5 = 18,52\%$$

- **Eficiencia de la remoción de DQO**

$$\text{Eficiencia DQO} = \frac{455 - 405}{455} \times 100$$

$$\text{Eficiencia DQO} = 10,99\%$$

- **Eficiencia de la remoción de SST en el humedal artificial**

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{SST Entrada} - \text{SST Salida}}{\text{SST Entrada}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia SST} = \frac{40 - 40}{40} \times 100$$

$$\text{Eficiencia SST} = 0\%$$

Una vez obtenidos los resultados la caracterización del agua residual se determinó la eficiencia remoción de parámetros de SST, DBO₅, DQO las rejillas, tanque imhoff y humedal artificial, donde se denota que:

- La remoción de SST en las rejillas nos da un valor negativo de -0,8% el que nos indica que en vez de efectuarse una remoción de este parámetro existe contaminación por parte de la zona de desbaste. El agua residual entra con un valor 74 mg/L y sale con un valor de 140mg/L. Siendo este producto del estancamiento de las aguas residual antes de pasar por las rejillas lo que ocasiona un aumento de la carga contaminante y malos olores.
- En el tanque imhoff según las especificaciones señaladas en cuanto a los porcentajes en remoción permisibles, se puede decir que cumple con lo especificado ya que presenta un valor de 71,43% en SST, pero los parámetros DBO₅, DQO no presentan una remoción adecuada, ya que sus valores son menores a los indicados en los criterios de diseño. Esto es debido a que el tanque imhoff en la actualidad no cumple con los tiempos de retención adecuado y los lodos digeridos no son transportados al lecho de secado.
- Dentro del humedal artificial la remoción de SST registra un valor de 0% lo que indica que no existe la remoción adecuada de este parámetro y la remoción de DBO₅ presenta un valor de 18,52 % cuando la remoción de este sistema con las dimensiones actuales debería de ser del 40%. Lo que indica que no se está cumpliendo con los criterios de diseño en cuanto a remoción.

Tabla 8-3: Resultado del cálculo del Porcentaje de Eficiencia

Unidades de la PTAR	% Entra (DBO₅)	% Debe salir (DBO₅)	% Eficiencia Optima
Tanque Imhoff	29,87	50	25 a 50
Humedal Artificial	18,52	40	90

Realizado por: Angiuli O.

3.5 Propuesta de Rediseño de la Actual Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Rumipamba de las Rosas”

Para realizar la propuesta de rediseño de la actual planta de tratamiento de aguas residuales “Rumipamba de las Rosas”, se realizó la medición de los caudales y la caracterización de las aguas residuales, estos datos se tomaron como base para determinar: que unidades físicas se rediseñarían y que nuevas unidades conformarían la nueva planta de tratamiento y cuál será su capacidad, otro factor importante tomado en consideración es la: disponibilidad del terreno y el presupuesto con el que cuenta el GAD. Municipal del cantón Salcedo destinado para el rediseño de la planta.

La DBO₅, DQO, Coliformes fecales, Color real, Fosfatos, Nitritos+Nitratos y Tensoactivos son los parámetros que No Cumplen con los límites permisibles de la Normativa Ambiental. Una vez obtenidos los resultados de la caracterización se procede a elegir las unidades que se van a rediseñar y diseñaran para la disminución de los parámetros mencionados.

La solución viable para el óptimo funcionamiento de la planta está compuesta de dos partes:

1. Se Mejorará el Funcionamiento de la Planta Actual para lo cual se llevara a cabo lo siguiente:

- Se Rediseñaran las rejillas dimensionando un mayor número de barras con menor espacio de separación entre ellas para evitar el ingreso de materiales sólidos grandes y animales muertos, los mismo q se apreciaron al momento de medir los caudales, y se las ubicara en la caja de entrada de agua residual, a la cual se le modificara la estructura permitiendo efectuar de forma fácil y segura su mantenimiento manual. La modificación en la caja de entrada corresponde a dejar un metro antes de la colocación de las rejillas para que el flujo de agua ingrese desde la

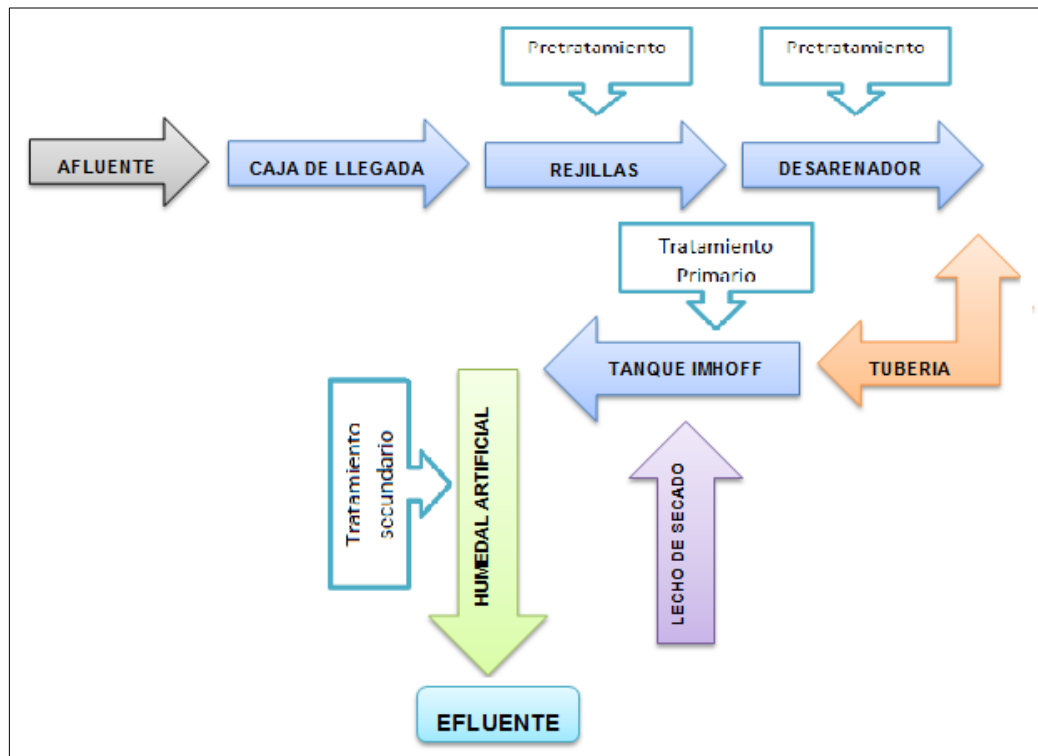
red de alcantarillado a la caja de forma controlada con lo cual se mantendrá el flujo laminar, para que en las siguientes unidades los procesos ocurran normalmente.

- Se activara nuevamente al tanque imhoff haciendo que funcione correctamente y cumpla con los tiempos de retención adecuados, considerando que este nos permitirá bajar los valores de $BDO_5=315$ mg/L y $BQO=510$ mg/L, para lo cual: se limpiaran las natas de la cámara de sedimentación, se abrirán las válvulas que conectan el tanque con el lecho de secado y se pondrá en funcionamiento la bomba, permitiendo la evacuación normal de los lodos digeridos donde se dejara una lámina de lodos que sirva como sustrato para los nuevos lodos a digerirse, y se abrirá las salidas de gases.
- Al humedal artificial se le cambiara el medio filtrante y las macrofitas que se encuentran plantadas, aquí la depuración final de las aguas residuales se llevaran a cabo por la interacción entre las macrofitas (carrizo) – medio filtrante – microorganismos, permitiendo la remoción de SST, BDO_5 y DQO.

2. Diseñar nuevas etapas de Tratamiento proyectadas a 20 años:

- A la nueva caja de entrada se le colocara una nueva tubería para el paso del afluente, en esta se diseñarán las rejillas con un mayor número de barras para evitar el paso del material sólido.
- Se construirá un desarenador, para disminuir el ingreso de arena ($\varnothing=0,2$ mm) a la planta de tratamiento y eliminar el aumento de la carga contaminante en los parámetros DBO_5 , DQO, Sólidos Totales y Coliformes Fecales.
- Se diseñara un nuevo tanque imhoff que cumplirá con las dimensiones adecuadas para tratar el caudal faltante.
- Se diseñara un nuevo lecho de secado, y se establecerá los costos del medio filtrante del Lecho de secado y del Humedal artificial según las dimensiones calculadas.
- Es espacio a lado del actual humedal artificial será acondicionado (el terreno deberá ser nivelado) para un nuevo humedal artificial.

Figura 7-3: Planta de Tratamiento Propuesta



Realizado por: Angiuli O.

3.6 Cálculos para el Diseño de la Planta de Tratamiento de aguas Residuales

3.6.1 Población de Diseño

Para determinar el periodo de diseño utilizaremos las recomendaciones de la Norma para el estudio de Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones mayores a 1000 Habitantes, (INEN, 1992), que especifica dentro de las bases de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales considerar un periodo de diseño entre 20 y 30 años.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en la población del Cantón Salcedo se observa una disminución en su tasa de crecimiento. La tasa media de crecimiento anual de la población de 1,1% (período 1990-2001). Promedio anual. El GAD Municipalidad del cantón Salcedo tiene establecida una tasa de crecimiento de 1.5% en su Plan de ordenamiento territorial tomada como referencia a la provincia de Tungurahua, según el censo INEC 2010.

Tabla 9-3: Datos para el cálculo de la población de diseño

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Poblacion Actual	1257	hab.
Tasa de Crecimiento	1,5	%
Números de Años	20	años

Fuente: Instituto Nacional De Estadísticas Y Censos (INEC) 2010.

Ecuación 24

$$P_f = P_a \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

Donde:

P_f = Población futura (hab.)

P_a = Población actual (hab.)

r = Tasa de crecimiento anual de forma decimal

n = Periodo de diseño

$$P_f = 1257 \left(1 + \frac{1,5}{100}\right)^{20}$$

$$P_f = 1823,83 \text{ hab} \cong 1824 \text{ hab}$$

3.6.2 Cálculo para Determinar el Caudal que Soporta la Actual PTAR “Rumipamba de las Rosas”

Para determinar el caudal que soporta la planta de tratamiento, utilizaremos las dimensiones (ancho, largo y profundidad) del tanque de sedimentación del tanque imhoff con las que obtendremos el valor del volumen (m^3), el mismo que será dividido para el tiempo de retención según los criterios de diseño, para obtener el caudal máximo soportado (m^3/s), el caudal de diseño se obtendrá como resultado de la diferencia entre el caudal de diseño y caudal teórico.

Volumen = ancho \times largo \times profundidad

$$\text{Volumen} = 3,7m^2 \times 14,9m^2 \times 2,5m^2$$

$$\text{Volumen} = 137,83 \text{ m}^3$$

Caudal Máximo Soportado por la actual Planta de Tratamiento

$$Q \text{ Max. Soportado} = \frac{\text{Volumen}}{T_r}$$

$$Q \text{ Max. Soportado} = \frac{137,83 \text{ m}^3}{5h}$$

$$Q \text{ Max. Soportado} = 27,58 \frac{\text{m}^3}{h} \therefore 7,66 \frac{L}{s}$$

3.6.3 Caudal Medio Diario

Para calcular el caudal medio de aguas residuales se toma en consideración los siguientes datos:

Tabla 10-3: Datos para el Cálculo del Caudal Medio

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Población futura	1824	hab.
Dotación de agua	200	L/hab*día
Coefficiente de retorno*	0,7	

Fuente: *Reglamento Ras 2000, Título D + Departamento De Agua Potable Y Alcantarillado, GAD Municipal Del Cantón Salcedo

Ecuación 25

$$Q_M = \frac{P_f \times D \times C}{86400 \frac{s}{día}}$$

Donde:

P_f = Población futura (hab.)
 D = Dotación de agua (L/hab*día)
 C = Coeficiente de retorno

$$Q_M = \frac{1824 \text{ hab} \times 200 \frac{L}{\text{hab} \times \text{día}} \times 0,7}{86400 \frac{s}{día}}$$

$$Q_M = 2,95 \frac{L}{s}$$

3.6.4 Caudal de Infiltración

Este caudal esta dado por el agua que ingresa a la red de alcantarillado, esto se debe por tuberías que con el tiempo se malogran, por conexiones sin un adecuado control, por las paredes de los pozos de inspección y por uniones de tubería.

Se puede calcular el caudal de infiltración haciendo el cálculo en base al área que compone el lugar de estudio, según la Norma INEN, 1992, utilizando la ecuación:

- **Para Tuberías Existentes**

Ecuación 26

$$10 \text{ ha} \leq \text{ÁREA} \leq 5000 \text{ ha}$$

$$Q_{\text{INF}} = 67.34 A^{-0,1425}$$

- **Para Tuberías Nuevas**

Ecuación 27

$$40 \text{ ha} \leq \text{ÁREA} \leq 5000 \text{ ha}$$

$$Q_{\text{INF}} = 42.51 A^{-0,3}$$

$$Q_{\text{INF}} = 67,34 \times (2850)^{-0,1425}$$

$$Q_{\text{INF}} = 21,67 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \cong 0,25 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

3.6.5 Factor de Mayoración

Este factor considera el aumento o disminución del consumo del agua en la población. Su valor debe estar en función de mediciones de caudal tomadas en campo.

Ecuación 28

$$F = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{P_f}{1000}}}$$

$$F = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{1824}{1000}}}$$

$$F = 3,62$$

3.6.6 Caudal de Conexiones Erradas

Ecuación 29

$$Q_{CE} = 0,10 \times (Q_M \times F + Q_{INF})$$

$$Q_{CE} = 0,10 \times (2,95 \times 3,62 + 0,25)$$

$$Q_{CE} = 1,10$$

3.6.7 Caudal Proyectado a Futuro

Ecuación 30

$$Q_{\text{Proyectado Futuro}} = Q_M \times F + Q_{INF} + Q_{CE}$$

Donde:

- Q_M = Caudal medio de las aguas residuales (L/s.)
- F = Factor de Mayoración (L/s.)
- Q_{INF} = Caudal de Infiltración (L/s)
- Q_{CE} = Caudal de conexiones erradas (L/s)

$$Q_{\text{Proyectado Futuro}} = 2,95 \frac{L}{s} \times 3,62 \frac{L}{s} + 0,25 \frac{L}{s} + 1,10 \frac{L}{s}$$

$$Q_{\text{Proyectado Futuro}} = 12,03 \frac{L}{s}$$

3.6.8 Caudal de Diseño

$$Q_{\text{DISEÑO}} = Q_{\text{Proyectado Futuro}} - Q_{\text{Max. Soportado}}$$

$$Q_{\text{DISEÑO}} = 12,03 \text{ L/s} - 7,66 \text{ L/s}$$

$$Q_{\text{DISEÑO}} = 4,37 \text{ L/s}$$

Una vez realizado estos cálculos respectivos tenemos que: el caudal que soporta la planta de tratamiento de aguas residuales es de 7,66 L/s, lo que nos demuestra que con las dimensiones actuales que tiene la planta de tratamiento soporta el flujo de caudal que está ingresando 6,39L/s.

Por lo tanto podemos concluir que la planta en la actualidad es grande para el caudal promedio obtenido, pero a 20 años pasara a ser pequeña para este caudal, por lo tanto en caudal de diseño a emplearse será 4,37 L/s que es el caudal faltante y para este caudal se diseñara la nueva planta de tratamiento.

3.6.9 Dimensionamiento de la Caja de Entrada

La Norma para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes, (INEN, 1992). Se utilizará para el dimensionamiento.

Tabla 11-3: Criterios para el Diseño de la Caja de Entrada

PARÁMETRO	SIMBOLOGÍA	DATOS	UNIDAD
Caudal de diseño	$Q_{\text{DISEÑO}}$	0,00437	m ³ /s
Material del Canal	-	Hormigón	
Coeficiente de rugosidad de Manning*	N	0,016	
Base del canal	b	0,5	m
Altura del canal	H	2	m
Pendiente del canal (asumida)	S	0,05	%

Fuente: Norma Ecuatoriana Para el Estudio y Diseño de Sistemas De Agua Potable y Disposición de Aguas.

- **Coeficiente de Manning**

Para el caudal de diseño

$$K = \frac{Q_D \times n}{b^{8/3} \times S^{1/2}}$$

$$K = \frac{0,00437 \times 0,016}{0,5^{8/3} \times 0,005^{1/2}}$$

$$K = 0,00624$$

Tirante del caudal de diseño:

$$h = 1.6624 \times k^{0,74232} \times b$$

$$h = 1.6624 \times 0,00624^{0,74232} \times 0,5m$$

$$h = 0,0191m$$

- **Calculo del Radio Hidráulico (RH)**

$$RH = \frac{b \times h}{b + 2h}$$

$$RH = \frac{0,5m \times 0,0191m}{0,5 + 2(0,0191m)}$$

$$RH = 0,0177m$$

- **Verificación de Velocidad**

$$V = \frac{1}{n} RH^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0,016} 0,0177^{2/3} \times 0,005^{1/2}$$

$$V = 0,296 \frac{m}{s}$$

3.6.10 Dimensionamiento de las Rejillas

Tabla 12-3: Criterios para el Diseño de las Rejillas

PARÁMETRO	SÍMBOLO	DATOS	UNIDADES
Localización*	-	Colocarse aguas arriba	-
Tipo de Limpieza*	-	Manual $Q_{DISEÑO} < 0,05$	m^3/s
Separacion entre barras*	e	15 a 50	mm
Velocidad minima de aprox. A las rejillas*	V_a	0,3 a 0,6	m/s
Velocidad minima entre barras	V_{Bm}	0,3 a 0,6	m/s
Caudal de diseño	$Q_{DISEÑO}$	0,00437	m^3/s
Aceleracion de la gravedad	G	9,8	m/s^2
Altura de seguridad (asumida)	H_s	0,5	m
Ancho del canal (sugerido)	L	0,5	m
Angulo de inclinación**	A	45 – 60	°
Espesor de barra**	s	5 – 15	mm
Perdida máxima de carga admisible **	H_f	0,015	m

Fuente: *RAS 2000 Titulo E **Norma para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Agua Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes ***Metcalf&Eddy. 1996

- **Área libre al paso del agua (A_L, m^2)**

$$A_L = \frac{Q_{DISEÑO}}{V_{Bm}}$$

$$A_L = \frac{0,00437 \frac{m^3}{s}}{0,6 \frac{m}{s}}$$

$$A_L = 0,00728 m^2$$

- **Tirante del agua en el canal (h,m)**

$$h = \frac{A_L}{b}$$

$$h = \frac{0,00728 m^2}{0,5 m}$$

$$h = 0,01456 m$$

- **Altura del canal (H)**

$$H = h + H_s$$

$$H = 0,01456\text{m} + 0,5\text{ m}$$

$$H = 0,514\text{ m} \approx 0,6\text{m}$$

- **Longitud de la barras (Lb, m)**

Para la limpieza manual se sugiere utilizar un ángulo de 45°

$$Lb = \frac{H}{\text{sen } \alpha}$$

$$Lb = \frac{0,6}{\text{sen}45^\circ}$$

$$Lb = 0,85$$

- **Número de barras (Nb)**

$$Nb = \frac{b}{e + s}$$

$$Nb = \frac{0,50\text{ m}}{0,015\text{m} + 0,01\text{m}}$$

$$Nb = 20\text{ barras}$$

- **Pérdida de carga**

$$h_f = \beta \times \left(\frac{S}{e}\right)^{4/3} \times \frac{V_{Bm}^2}{2g} \times \text{sen } \alpha$$

$$h_f = 1,79 \times \left(\frac{0,01}{0,015}\right)^{4/3} \times \frac{(0,6)^2}{2(9,8)} \times \text{sen}45^\circ$$

$$h_f = 0,0132\text{m}$$

- **Velocidad en el canal de aproximación**

$$V_{\text{Aprox}} = \frac{Q_{\text{DISEÑO}}}{A_L}$$

$$V_{\text{Aprox}} = \frac{0,00437 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,00728\text{m}}$$

$$V_{\text{Aprox}} = 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

3.6.11 Dimensionamiento del Desarenador

Tabla 13-3: Criterios para el Diseño del Desarenador

PARÁMETRO	SÍMBOLO	DATOS	UNIDADES
Caudal de diseño	$Q_{\text{DISEÑO}}$	377,57	m ³ /día
Diametro de la partícula*	d	0,02	mm
Densidad de la arena*	ρ_s	2,65	g/cm ³
Densidad del agua residual T=19°	ρ_a	0,99843	g/cm ³
Viscosidad cinemática del agua*	η	0,010356	cm ² /s
Aceleración de la gravedad*	g	980	cm/s ²
Ancho del desarenador*	b	0,5	m
Relación largo:ancho+	-	3:1	-
Relación ancho: profundidad	-	1,25:1	-
Tiempo de retención hidraulico	tr	20 - 180	s

Fuente: OPS/CEPIS/05.158,+ Norma Ras 2000, Sección II Título E.

3.6.11.1 Cálculos para el diseño del Desarenador

La normativa Guía para el Diseño de Sedimentadores y Desarenadores (OPS/CEPIS/05.158) Se tomará como base, para diseñar el desarenador

- Velocidad de sedimentación**

Calculamos con la ecuación de Allen, para determinar la relación de las partículas y velocidad de sedimentación.

$$V_s = 0,22 \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} g \right)^{\frac{2}{3}} \left[\frac{d}{(\mu/\rho)^{\frac{1}{3}}} \right]$$

$$V_s = 0,22 \left(\frac{2,65 \text{g/cm}^3 - 0,99843 \text{g/cm}^3}{0,99843 \text{g/cm}^3} \times 981 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)^{\frac{2}{3}} \left[\frac{0,02}{(0,010356)^{\frac{1}{3}}} \right]$$

$$V_s = 2,79 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 0,0279 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Comprobación (Número de Reynolds)**

$$R_e = \frac{V_s \times d}{\eta}$$

$$R_e = \frac{2,79 \frac{cm}{s} \times 0,02cm}{0,010356 \frac{cm^2}{s}}$$

$$R_e = 5,39$$

- **Determinación del coeficiente de arrastre**

$$C_D = \frac{24}{R_e} + \frac{3}{\sqrt{R_e}} + 0,34$$

$$C_D = \frac{24}{5,39} + \frac{3}{\sqrt{5,39}} + 0,34$$

$$C_D = 6,08$$

- **Velocidad de sedimentación en la zona de transición**

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} \times \frac{981}{6,08 \frac{cm}{s^2}} \left(2,65 \frac{g}{cm^3} - 1 \right) \times 0,02cm}$$

$$V_s = 2,66 \frac{cm}{s} = 0,0266 \frac{m}{s}$$

- **Cálculo de la velocidad de arrastre**

$$V_a = 125 \times \left[\left(2,65 \frac{g}{cm^3} - 0,99843 \frac{g}{cm^3} \right) \times 0,02cm \right]^{1/2}$$

$$V_a = 22,72 \frac{g}{s} = 0,2272 \frac{m}{s}$$

- **Caudal de Diseño**

$$Q_{DISEÑO} = \frac{Q_{DISEÑO}}{2} = \frac{0,00437 m^3/s}{2} = 0,00218 \frac{m^3}{s}$$

- **Área Superficial**

$$A_s = \frac{Q_{\text{DISEÑO}}}{V_s}$$

$$A_s = \frac{0,00437 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0266 \text{ m/s}}$$

$$A_s = 0,164 \text{ m}^2$$

- **Cálculo de la longitud del desarenador**

Considerando la relación largo ancho 3:1

$$\frac{L}{b} = \frac{3}{1}$$

$$L = 3 \times b$$

$$L = 3 \times 0,5 \text{ m}$$

$$L = 1,5 \text{ m}$$

De la longitud se utilizará el 50%

$$L = 1,5 \text{ m} + (1 \times 1,5 \text{ m})$$

$$L = 3 \text{ m}$$

- **Profundidad del tanque desarenador H_D :**

Utilizaremos la relación 1,25:1

$$\frac{b}{H_D} = \frac{1,25}{1}$$

$$H_D = \frac{0,5 \text{ m}}{1,25 \text{ m}}$$

$$H_D = 0,4 \approx 0,5 \text{ m por fines de construcción}$$

- **Pendiente para la caída de los sólidos desarenados**

Se recomienda entre 5% y 10%

$$S = 10\% = \frac{\Delta T}{\Delta L} \therefore 0,10 = \frac{T}{3 \text{ m}} \therefore T = 0,10 \times 3 \text{ m} = 0,3 \text{ m}$$

- **Área Total**

$$\begin{aligned}At &= L \times b \\At &= 3\text{m} \times 0,5\text{m} \\At &= 1,5\text{m}^2\end{aligned}$$

- **Velocidad horizontal**

$$\begin{aligned}V_h &= \frac{Q_{DISEÑO}}{At} \\V_h &= \frac{0,00437 \text{ m}^3/\text{s}}{1,5\text{m}^2} \\V_h &= 0,00291 \frac{\text{m}}{\text{s}}\end{aligned}$$

Para garantizar q no ocurra el arrastre de partículas depositadas en la zona de desarenación se verifica que : $V_a > V_h$

$$0,2272 \frac{\text{m}}{\text{s}} > 0,00291 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Periodo de Retención**

$$\begin{aligned}V &= L \times b \times H_D \\V &= 3\text{m} \times 0,5\text{m} \times 0,5\text{m} \\V &= 0,75\text{m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}tr &= \frac{V}{Q_{DISEÑO}} \\tr &= \frac{0,75\text{m}^3}{0,00437 \text{ m}^3/\text{s}} \\tr &= 171,6 \text{ s}\end{aligned}$$

- **Longitud de Transición al ingreso del desarenador**

$$\begin{aligned}Lt &= \frac{B - b_1}{2 \times \text{tg}\theta} \\Lt &= \frac{1 - 0,5}{2 \times \text{tg}(12,5)}\end{aligned}$$

$$L_t = 1,13\text{m}$$

3.6.12 Dimensionamiento del Tanque Imhoff

Tabla 14-3: Criterios para el Diseño del Tanque Imhoff

PARÁMETRO	SIMBOLO	DATOS	UNIDADES
Caudal de diseño	$Q_{\text{DISEÑO}}$	377,56	m ³ /día
Población futura	P_f	1824	hab
Coefficiente de retorno*	C_R	0,7 – 0,8	
Carga Superficial*	C_S	25 - 40	m ³ /m ² día
Ancho del sedimentador	b	5	m
Ángulo de la pendiente de la cámara*	°	50	-
Tiempo de retención hidraulica*	T_r	2	h
Área de Ventilación	a	Minimo 0,6	m
Separación entre ranuras	e	0,30 – 0,50	m
Altura de seguridad	H_s	1,0 – 1,5	m

Fuente: OPS/CEPIS/05.158,+ Norma RAS 2000, Sección Ii Título E.

Tabla 15-3: Criterios para el Diseño de la Cámara de Digestión del Tanque Imhoff

PARÁMETRO	SIMBOLO	DATOS	UNIDADES
Factor de capacidad relativa (T=15°)	fer	1	-
Dotación de lodos	-	70	L/hab*año
Ángulo de la pendiente del fondo de la cámara	°	15 a 30	-

Fuente: OPS/CEPIS/05.158.

3.6.12.1 Cálculos para el diseño de la cámara de sedimentación del tanque imhoff.

- Área del Sedimentador

$$A_S = \frac{Q_{\text{DISEÑO}}}{C_S}$$

$$A_S = \frac{377,56 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{30 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{día}}}$$

$$A_S = 12,58\text{m}^2$$

- **Longitud del Sedimentador**

$$A_S = L \times b \quad \therefore \quad L = \frac{A_S}{b}$$

$$L = \frac{12,58\text{m}^2}{5\text{m}}$$

$$L = 2,51\text{m} \cong 3\text{m para construcción}$$

- **Volumen en la cámara de sedimentación**

$$V_S = Q_{\text{DISEÑO}} \times T_r$$

$$V_S = 377,56 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 0,0833 \text{ día}$$

$$V_S = 31,45\text{m}^3$$

- **Área de sección transversal**

$$A_t = \frac{V_S}{L}$$

$$A_t = \frac{31,45\text{m}^3}{3\text{m}}$$

$$A_t = 10,48\text{m}^2$$

- **Profundidad del Sedimentador**

$$A_S = A_{\text{rectángulo}} + A_{\text{triángulo}}$$

$$A_{\text{rectángulo}} = c \times b$$

Donde:

c = Altura en la cámara de sedimentación

b = Ancho del sedimentador

$$A_{\text{triángulo}} = \frac{b \times d}{2}$$

Donde:

d = Base triangular de la cámara de sedimentación

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{b/2} \quad \therefore \quad d = \operatorname{tg} \alpha \times \frac{b}{2}$$

$$d = \operatorname{tg} 50^\circ \left(\frac{5}{2} \right)$$

$$d = 2,98 \text{ m}$$

$$A_S = A_{\text{rectángulo}} + A_{\text{triángulo}} = b \times c + \frac{b \times d}{2}$$

$$c = \frac{A_t - \frac{b \times d}{2}}{b}$$

$$c = \frac{10,48 \text{ m}^2 - \frac{5 \text{ m} \times 2,38 \text{ m}}{2}}{5 \text{ m}}$$

$$c = 0,906$$

3.6.12.2 Cálculo para el diseño de la cámara de digestión del tanque imhoff.

- **Volumen de la cámara de digestión:**

$$V_d = \frac{70 \frac{L}{\text{hab} \times \text{año}} \times 1824 \text{ hab} \times 1}{1000 L}$$

$$V_d = 127,68 \text{ m}^3$$

- **Altura y profundidad de la cámara de sedimentación (geometría básica)**

$$V_d = A_{\text{rectángulo}} \times h + A_{\text{piramidal}} \times h$$

$$V_d = L \times h \times f + \frac{L \times h}{3} \times g$$

$$f = \frac{V_d - \frac{L \times h}{3} \times g}{L \times h}$$

Donde:

g = Altura de la base triangular de la cámara de digestión

$$g = \frac{h}{2} \times \operatorname{tg} \alpha$$

Donde:

h = Base rectangular de la cámara de digestión.

$$h = 2a + b$$

$$h = 2(0,6m) + 5m$$

$$h = 6,2 m$$

$$g = \frac{6,2 m}{2} \times \operatorname{tg} 30^{\circ}$$

$$g = 1,78m$$

Cálculo del valor de f (reemplazando)

$$f = \frac{V_d - \frac{L \times h}{3} \times g}{L \times h}$$

$$f = \frac{127,68m^3 - \frac{3 \times 6,2m}{3} \times 1,78m}{3 \times 6,2}$$

$$f = 2,25m$$

Cálculo de la profundidad total del tanque imhoff

$$D = c + d + e + f + g + H_s$$

$$D = 0,906 m + 2,98 m + 0,30 m + 2,25 m + 1,78 m + 0,50 m$$

$$D = 7,82 m \cong 8m$$

3.6.13 Dimensionamiento del Lecho de Secado

Tabla 16-3: Criterios para el Diseño del Lecho de Secado

PARÁMETRO	SÍMBOLO	DATOS	UNIDADES
Caudal de diseño	$Q_{\text{DISEÑO}}$	1135,29	m ³ /día
Población actual	P_a	1257	hab
Población futura	P_f	1824	hab
Densidad de lodos*	ρ_{lodos}	1,04	Kg/L
% de sólidos contenidos en el lodo*	%	8 - 12	%
Sólidos suspendidos*	SS	76	mg/L
Tiempo de digestión (T=15°)*	T_d	55	días
Profundidad de aplicación	Ha	0,20 – 0,40	h

Fuente: OPS/CEPIS/05.158.

- Cálculo de la contribución per cápita de SS**

Utilizando los resultados de la caracterización del agua residual.

$$76,0 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1}{1250 \text{ hab}} \times 1833,41 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{1000 \text{ L}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} = 111,47 \text{ gSS/hab} \times \text{día}$$

- Carga de ingreso que entra al Sedimentador**

$$C = \frac{\text{Población}_f \times \text{Contribución per cápita (gSS/hab} \times \text{día)} \times K_g}{1000 \text{ g}}$$

$$C = \frac{1824 \text{ hab} \times 111,47 (\text{gSS/hab} \times \text{día}) \times K_g}{1000 \text{ g}}$$

$$C = 203,3 \text{ KgSS/hab} \times \text{día}$$

- Masa de sólidos que conforman los lodos**

$$\text{Msd} = \left(0,5 \times 0,7 \times 0,5 \times 203,3 \frac{\text{KgSS}}{\text{hab} \times \text{día}} \right) + \left(0,5 \times 0,3 \times 203,3 \frac{\text{KgSS}}{\text{hab} \times \text{día}} \right)$$

$$\text{Msd} = 66,07 \text{ KgSS/hab} \times \text{día}$$

- **Volumen de lodos digeridos**

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} \times \left(\frac{\%sólidos}{100} \right)}$$

$$Vld = \frac{66,07K_gSS/hab \times día}{1,04K_g/L \times \left(\frac{12\%}{100\%} \right)}$$

$$Vld = 527,36 \frac{L}{día}$$

- **Volumen de lodos a extraer del tanque**

$$Vel = \frac{Vld \times Td}{1000}$$

$$Vel = \frac{527,36 \frac{L}{día} \times 55días}{1000}$$

$$Vel = 29 m^3$$

- **Cálculo del Área del lecho de secado**

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

$$Als = \frac{29 m^3}{0,4m}$$

$$Als = 72,5m^2$$

Área individual del lecho de secado

$$Als\ individual = \frac{Vel}{Ha}$$

$$Als\ individual = \frac{72,5m^2}{4m}$$

$$Als\ individual = 18,1m$$

3.6.14 Dimensionamiento del Humedal Artificial

Tabla 17-3: Criterios para el Medio Granular para el Humedal Artificial

MEDIO GRANULAR DEL HUMEDAL ARTIFICIAL		
Tipo de material	Tamaño de la partícula (mm)	Tamaño del lecho (cm)
Grava fina	2 - 8	>30
Grava	5 - 20	10 - 20
Grava	20 - 40	10 - 20

Fuente: Corzo, A. y otros

- **Cálculo del área superficial de la laguna**

$$A_{SL} = \frac{Q_{\text{DISEÑO}} \times \ln\left(\frac{C_o}{C_f}\right)}{K_T \times h \times n_p}$$

$$A_{SL} = \frac{377,56 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \ln\left(\frac{315 \text{ mg/L}}{220 \text{ mg/L}}\right)}{1,394/\text{día} \times 0,7\text{m} \times 0,38}$$

$$A_{SL} = 365,48\text{m}^2$$

- **Ancho del humedal**

$$W = \sqrt{\frac{365,48\text{m}^2}{2}}$$

$$W = 13,51\text{m}$$

- **Largo del humedal**

$$L = 2 \times W$$

$$L = 2 \times 13,51\text{m}$$

$$L = 27,03\text{m}$$

- **Flujo o Capacidad hidráulica**

$$Q = (K_s \times 0,334) \times (h \times W) \times \left(\left(\frac{h}{L} \right) \times 0,1 \right)$$

$$Q = \left(100 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \times \text{día}} \times 0,334 \right) \times (0,7\text{m} \times 13,51\text{m}) \times \left(\left(\frac{0,7\text{m}}{45,1\text{m}} \right) \times 0,1 \right)$$

$$Q = 0,82 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

- **Tiempo de Retención Teórico**

$$\text{Tr} = \frac{\ln(C_o) - \ln(C_f)}{K^T}$$

$$\text{Tr} = \frac{\ln(315 \text{ mg/L}) - \ln(220 \text{ mg/L})}{1,394/\text{día}}$$

$$\text{Tr} = 0,25 \text{ día} \approx 6 \text{ horas}$$

- **Cálculo de la cantidad de medio filtrante para el humedal**

Se tomara en cuenta los siguientes datos para el cálculo del medio filtrante:

$$\text{Vol.} = L \times A \times H$$

Donde:

Vol. = Volumen necesario
 L = Largo (m)
 A = Ancho (m)
 H = Alto (m)

Datos:

L = Largo (28m)
 A = Ancho (14m)

Volumen de grava fina ($\theta=5\text{mm}$)

$$\begin{aligned}\text{Vol.} &= L \times A \times H \\ \text{Vol.} &= 28 \times 14 \times 0,2 \\ \text{Vol.} &= 78,4\text{m}^3\end{aligned}$$

Volumen de grava ($\theta=15\text{mm}$)

$$\begin{aligned}\text{Vol.} &= L \times A \times H \\ \text{Vol.} &= 28 \times 14 \times 0,3 \\ \text{Vol.} &= 117,6\text{m}^3\end{aligned}$$

Volumen de grava ($\theta=25\text{mm}$)

$$\begin{aligned}\text{Vol.} &= L \times A \times H \\ \text{Vol.} &= 28 \times 14 \times 0,3 \\ \text{Vol.} &= 117,6\text{m}^3\end{aligned}$$

3.7 Cumplimiento de la Norma Ambiental Vigente

Tabla 18-3: Cumplimiento de la Norma Ambiental Vigente TULSMA.

PARÁMETROS	UNIDAD	AFLUENTE	EFLUENTE	*LÍMITE MAXIMO PERMISIBLE	CUMPLIMIENTO
Color real	PtCo	85,00	57,00	* Inapreciable en dilución 1/20	Cumple
DBO ₅	mg/L	315	220	100	Cumple
DQO	mg/L	510	405	250	Cumple
Fosfatos	mg/L	>25	>25	10	Cumple
Hierro total	mg/L	0,207	0,128	10	Cumple
Nitratos + Nitritos	mg/L	47,70	12,00	10	Cumple
SST	mg/L	76	40	100	Cumple
Sólidos Totales	mg/L	864	740	1600	Cumple
Tensoactivos	mg/L	6,58	7,80	0,5	Cumple
Coliformes fecales	Nmp/100ml	824	520	Remoción > al 99,9 %	Cumple

Realizado por: Angiuli O.

Como se puede visualizar en la Tabla 18-3 los parámetros Color, DBO₅, DQO, Nitratos + Nitritos, Tensoactivos y Coliformes fecales una vez implementada la propues cumplirán con la normativa vigente TULSMA y serán aptos para su vertido en el río Cutuchi.

3.8 Resultados del Rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

3.8.1 Población de Diseño

Tabla 19-3: Población de Diseño

Parámetro	Valor	Unidades
Población Futura	1824	hab.

Realizado por: Angiuli O.

3.8.2 Caudal de Diseño

Tabla 20-3: Caudal de Diseño

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
Caudal Promedio	6,39	L/s
Caudal de Diseño	4,37	L/s

Realizado por: Angiuli O.

3.8.3 *Rejillas*

Tabla 21-3: Resultados para el Diseño de Rejillas (Criterios Establecidos)

PARÁMETRO	SÍMBOLO	DATOS	COMPARACIÓN	UNIDADES
Área libre del paso al agua	AL	0,00728		m ²
Tirante de agua en el canal	h	0,01456		m
Perdida de carga	hf	0,0132	<0,015*	m
Velocidad en el canal de aproximación	V	0,6	0,3 – 0,6 ⁺	m/s

Fuente: *METCALD & EDDY. 1996; *RAS 2000, SECCIÓN II, TÍTULO E

Tabla 22-3: Resultados para el Diseño de Rejillas

PARÁMETRO	SÍMBOLO	DATOS	UNIDADES
DIMENSIONES PARA LAS REJILLAS			
Longitud de las barras para las rejillas	L _b	1	m
Numero de barras	N _b	20	
Espesor de las barras	s	0,01	m
Separacion entre barras	e	0,015	m

Realizado por: Angiuli O.

3.8.4 *Desarenador*

Tabla 23-3: Resultados para el Diseño del Desarenador

PARÁMETRO	SÍMBOLO	DATOS	UNIDADES
Ancho del desarenador	b	0,5	m
Profundidad del desarenador	H _D	1	m
Longitud del desarenador	L	3	m
Longitud de transición al ingreso del desarenador	L _t	1,13	m

Realizado por: Angiuli O.

3.8.5 Tanque Imhoff

Tabla 24-3: Resultados para el Diseño del Tanque Imhoff

PARÁMETRO	SIMBOLO	DATOS	UNIDADES
CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN			
Ancho del Sedimentador	b	5	m
Altura sobre el baffle de espuma	y	0,50	m
Altura de la cámara de sedimentación	c	0,906	m
Altura de la base triangular de la cámara de sedimentación	d	2,98	m
Abertura de las ranuras		15 – 20	cm
CÁMARA DE DIGESTIÓN			
Espacio de seguridad entre la cámara de sedimentación y digestión	e	0,30	h
Altura de la cámara de digestión	f	1,96	m
Altura de la base triangular de la cámara de digestión	g	1,78	m
DIMENSION TOTAL DEL TANQUE IMHOFF			
Ancho	B	6	m
Profundidad	D	8	m
Longitud	C	7	m

Realizado por: Angiuli O.

3.8.6 Lecho de Secado

Tabla 25-3: Resultados para el Diseño del Lecho de Secado

PARÁMETRO	SIMBOLO	DATOS	UNIDADES
Profundidad de aplicación de lodos*	H _{al}	0,40	m
Espesor de la cámara de arena*	eA	0,20	m
Espesor de la cámara de grava*	eG	0,30	m
Altura total del lecho	H	1	m
Longitud	L	6	m
Ancho	B	5	m

Realizado por: Angiuli O.

3.8.7 Humedal Artificial

Tabla 26-3: Resultados para el Humedal Artificial

PARÁMETRO	DATOS	UNIDADES
Ancho	14	M
Longitud	28	M
Altura Total	1	M
Arena	78,4	m ³
Grava fina	117,6	m ³
Grava Gruesa	450	m ³

Realizado por: Angiuli O.

3.9 Identificación y Evaluación de los Impactos Ambientales

Se tomó en consideración la condición actual y el funcionamiento de las unidades que conforman la planta, así como las afectaciones a causa de su mantenimiento, con lo cual se justificara la necesidad de llevar a cabo su rediseño el cual deberá satisfacer las necesidades y proveer una disminución considerable de los impactos ambientales encontrados.

Para lo cual se elaboró una matriz de Leopold, partiendo de la metodología propuesta en el capítulo II, literal 2.7.1.

Tabla 27-4: Matriz de Leopold

EXTENSIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ACTUAL PTAR "RUMIPAMBA DE LAS ROSAS"																	
CÓDIGO	COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	OPERACIÓN								MANTENIMIENTO		AFECTACIONES POSITIVAS	AFECTACIONES NEGATIVAS	NÚMERO DE INTERACCIONES	AGREGACIÓN DE IMPACTOS
				GENERACIÓN DE AGUA RESIDUAL	TRANSPORTE DE AGUA RESIDUAL	TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL					DESCARGA DEL AGUA RESIDUAL TRATADA	SISTEMAS DE TRATAMIENTO					
						O1	O2	O3	O4	O5		M1	M2				
						CAJA DE ENTRADA	CAJA DE RETENCION DE SÓLIDOS	TANQUE IMHOFF	LECHO DE SECADO	HUMEDAL ARTIFICIAL		LIMPIEZA	GENARACION DE RESIDUOS				
ABT1	ABIÓTICO	Aire	Calidad del Aire	-1,5		-3,6	-5,1	-5,2	-2,5	-5,5	-5,5	2,5	-3,6	1,0	8,0	8,0	-32,5
ABT2			Nivel sonoro											0,0	0,0	0,0	
ABT4		Suelo	Destrucción de suelos	-1,0	-3,2	-3,1	-3,1	-3,1	-2,1	-3,1	-3,6	-1,2	-3,7	0,0	10,0	10,0	-27,2
ABT5		Agua	Calidad de Agua	-4,8	-3,2		-3,7	-4,8	-2,5		-6,5			0,0	6,0	6,0	-25,5
BIO1	BIÓTICO	Flora	Covertura Vegetal				-2,6		-3,2	-3,2	-3,6	-1,2	-3,1	0,0	6,0	6,0	-16,9
BIO2			Especies protegidas									-1,0	0,0	1,0	1,0	-1,0	
BIO3		Fauna	Ecosistemas acuáticos								-6,5			0,0	1,0	1,0	-6,5
BIO4			Especies protegidas				-1,2	-1,0			-2,5			0,0	3,0	3,0	-4,7
ANC1	ANTRÓPICO	Socioeconómico	Salud e higiene	-3,6			-3,6	-3,6	-3,7	-3,7	-5,2	-3,7	-3,7	0,0	7,0	7,0	-27,2
ANC2			Seguridad Laboral			-3,1	-3,1	-3,1	-3,2	-3,1	-5,2	-3,7	-2,5	0,0	8,0	8,0	-27,0
ANC3			Generación de Empleo			3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	4,8	4,8	8,0	0,0	8,0	28,8
ANC4		Cultural	Patrimonio Cultural											0,0	0,0	0,0	
ANC5			Patrimonio Arqueológico											0,0	0,0	0,0	

AFECTACIONES POSITIVAS	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	1,0	9			
ACFECTACIONES NEGATIVAS	4,0	2,0	3,0	7,0	6,0	6,0	5,0	8,0	4,0	6,0		50		
NÚMERO DE INTERACCIONES	4,0	2,0	4,0	8,0	7,0	7,0	6,0	9,0	6,0	7,0			59	
AGRAGACIÓN DE IMPACTOS	-10,9	-6,4	-6,6	-19,2	-17,6	-14,0	-15,4	-35,4	-2,5	-12,8				-139,9

%

20,45	BENÉFICO	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9
11,36	LEVE	2	0	0	1	1	0	0	0	2	1	5
47,74	MODERADO	2	2	3	5	4	6	3	3	2	5	35
20,45	SEVERO	0	0	0	1	1	0	2	5	0	0	9
0	CRÍTICO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Realizado por: Angiuli O.

Según la Matriz de Leopold, se puede ver que contamos con un total de 9 afectaciones positivas y 50 afectaciones negativas, se puede identificar que el impacto actual tiene un valor de agregación de impactos global negativo de -139.9, presentando mayor impacto ambiental el factor aire con una agregación de -32,5, dando un impacto moderado, con un valor de 47,74%, y un valor medio de 3,6 siendo este tipo de impacto de carácter negativo, cuyo valor del impacto es mayor a 2,6 y menor a 5,1 haciendo que cumpla con las características de necesitar de aplicación de métodos para su corrección y recuperación.

Por lo cual el rediseño de la PTAR minimizara los impactos ambientales encontrados en la actual planta de tratamiento.

3.10 Propuesta Económica para el Diseño de la Nueva Planta

El presupuesto para el diseño de la nueva planta de tratamiento está en función de lo siguiente:

- **Construcción de las Rejillas**

Tabla 28-3: Costo de la construcción de Rejillas

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Adecuación de la Caja de Entrada			
Mano de Obra	2	60,00	120,00
Palas	2	12,00	24,00
Barras	2	25,00	50,00
Tapa para la caja de Entrada			
Cemento	8	7,25	64,96
Ripio y Arena	-	40,00	80,00
Barillas (8mm)	16	5,47	87,00
Alambre	5 m	1,35	6,75
Tabla	12	3,50	42
Emparrillado de las rejillas			
Emparrillado de las rejillas	24 barillas	80,00	160,00
Soldado de las barillas	1	-	250,00
Total			883,75

Realizado por: Angiuli O.

- **Construcción del Desarenador**

Tabla 29-4: Costo de la construcción del Desarenador

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Construcción de la caja de retención de sólidos			
Mano de Obra	2 (2 días)	30,00	60,00
Combo	2	15,00	30,00
Barras	2	25,00	50,00
Nivel y Flexometro	1/c	12,00	12,00
Palas	2	12,00	24,00
Cemento	16	7,25	129,92
Ripio y Arena	-	40,00	120,00
Barillas (8mm)	24	5,47	130,76
Alambre	8 m	-	10,80
Tabla	40	-	140,00
Total			707,48

Realizado por: Angiuli O.

- **Construcción del Tanque Imhoff**

Tabla 30-3: Costo de la construcción de Tanque Imhoff

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Adecuación del Terreno			
Mano de Obra	2	60,00	500,00
Palas	5	12,00	60,00
Barras	5	25,00	125,00
Tapa para la caja de Entrada			
Cemento	32	7,25	256,00
Ripio y Arena	-	40,00	240,00
Barillas (8mm)	120	5,47	1.305,00
Alambre	5 m	1,35	54,00
Tabla	100	3,50	350,00
Área de Ventilación			
Tubos	10	80,00	360,00
Total			3.250,00

Realizado por: Angiuli O.

- **Construcción del Lecho de secado**

Tabla 31-3: Costo de la construcción del Lecho de Secado

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Mano de Obra	2 (2 días)	30,00	60,00
Nivel y Flexometro	1/c	12,00	12,00
Palas	2	12,00	24,00
Cemento	8	7,25	64,96
Ripio y Arena	-	40,00	120,00
Barillas (8mm)	24	5,47	130,76
Alambre	8 m	-	10,80
Tabla	40	-	140,00
Total			562,52

Realizado por: Angiuli O.

- **Construcción del Medio filtrante del Humedal Artificial**

Tabla 32-3: Costo de la construcción del Humedal Artificial

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Mano de Obra	10 (30días)	20,00	2.500,00
Carretillas	15	45,00	675,00
Palas	12	12,00	144,00
Arena	25 (1 volq.=12m ³)	140,00	5.250,00
Grava	38	290,00	16.530,00
Grava	38	290,00	16.530,00
Carrizo	30000 (10 plantas = 1m ²)		3.000,00
Total			44.629,00

Realizado por: Angiuli O.

Tabla 33-3: Costo Total del Diseño de la Nueva Planta de Tratamiento

DESCRIPCIÓN	VALOR
Construcción de Rejillas	883,75
Construcción del Desarenador	707,48
Construcción del Tanque Imhoff	3.250,00
Construcción del Lecho de Secado	562,52
Construcción del Humedal Artificial	44.629,00
TOTAL	50.032,75

Realizado por: Angiuli O.

3.11 Propuesta Económica para el Rediseño

Tabla 34-3: Costo Total del Rediseño

DESCRIPCIÓN	VALOR
Rediseño de Rejillas	540,75
Rediseño del Tanque Imhoff	500,00
Rediseño del Lecho de Secado	465,52
Rediseño del Humedal Artificial	20.435,00
TOTAL	21.941,27

Realizado por: Angiuli O.

Costo Total de la Propuesta

Tabla 35-3: Costo Total de la Propuesta

DESCRIPCIÓN	VALOR
Costo total	72.974,02 USD

Realizado por: Angiuli O.

CONCLUSIONES

- Una vez realizada la verificación in situ de las dimensiones de los planos se encontró que las medidas se excedían con valores que van de 1 a 2 metros lo cual no genera un impacto significativo en su funcionamiento ya que son dimensiones manejables. Dentro del diagnóstico técnico del funcionamiento actual de la planta, se pudo comprobar que varios de los sistemas no están cumpliendo con la función para la cual fueron diseñados.
- Una vez realizado los cálculos pertinentes para determinar el caudal que soporta la planta de tratamiento de aguas residuales “Rumipamba de las Rosas” se obtuvo un valor de 7,66L/s, lo que indica que la actual planta de tratamiento soporta el caudal actual de ingreso 6,39 L/s (caudal promedio) que fluye por cada una de las unidades de la planta, lo que indica que la planta de tratamiento es grande, pero para el caudal proyectado 20 años es 12,03L/s pasa a ser pequeña y partiendo de este dato se obtuvo el caudal de diseño 4,37 L/s con el que se realizó el dimensionamiento de la nueva planta.
- Los análisis realizados al agua residual de la planta de tratamiento “Rumipamba de las Rosas” antes y después del tratamiento, presentan una disminución considerable en las concentraciones, pero esto no garantiza que todos los procesos de tratamiento sean eficientes, los resultados en la descarga final $DBO_5=220\text{mg/L}$, $DQO=405\text{mg/L}$, Color real=57PtCo, Nitritos+Nitratos=12mg/L, Tensoactivos=7,8mg/L y 520 Nmp/100ml de Coliformes fecales son los parámetros que No Cumplen con los límites permisibles de la normativa ambiental vigente TULSMA, Libro VI, Anexo I, Tabla 12.
- Como solución viable para el óptimo funcionamiento de la planta se propondrá un rediseño que comprende dos partes: Primero mejorar el funcionamiento actual de la planta de tratamiento y segundo se efectuará el dimensionamiento de una nueva planta de tratamiento a lado de la existente, que trate los 4,37 L/s caudal resultante de la proyección futura, se construirá una nueva caja de entrada, rejillas, se incluirá un desarenador, tanque imhoff y por último un humedal artificial.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer análisis periódicos del agua de descarga de la planta de tratamiento que permitan conocer las concentraciones en las que se está descargando el agua residual al río Cutuchi y determinar si se está cumpliendo o no con la normativa legal aplicable.
- Se recomienda a las autoridades del GAD. Municipal se cree programas de capacitación a los encargados de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua residual, donde se capacite sobre seguridad laboral, Equipos de protección personal, y disposición final de los residuos sólidos.
- Se recomienda a los encargados de dirigir el mantenimiento dentro de la planta elaborar un cronograma donde se indique los días donde se debe realizar el mantenimiento de la planta.

BIBLIOGRAFIA

CRITES, Ron & TCHOBANOGLOUS, George. Tratamientos de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. 6^{da}, Bogotá-Colombia, McGraw-Hill. 2000, p. 14

DELGADILLO, Sergio., y OTROS. Depuración de Aguas Residuales por Medio de Humedales Artificiales. 3^{ra}, Cochabamba-Bolivia, El tiempo. 2010, pp. 5-8

ECUADOR., Instituto Nacional De Estadística Y Censos. Censo de Población y Vivienda en el Ecuador., Fascículo Provincial de Tungurahua, Quito – Ecuador, 2010, pp. 2-4

ECUADOR., Instituto Ecuatoriano De Normalización, Código Ecuatoriano De La Construcción, CPE INEN 5 Parte 9-1. (1992) Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes., Quito-Ecuador., pp. 227 – 266.

ECUADOR, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad Del Cantón Salcedo., Información sobre el cantón Salcedo., Departamento de Agua Potable y Alcantarillado., Salcedo – Ecuador. Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Salcedo, 2014, pp. 5 -10.

GARCÍA, Efrén & PÉREZ, Andrés. Aguas Residuales. Composición., Aspectos sanitarios del estudio de las aguas., Universidad de Granada, Granada, Servicio de Publicaciones. 1985, p. 13.

METCALF., & EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización., 3a.ed., Madrid – España., McGraw-Hill, 1995, pp. 95 – 102.

MONZÓN, Ignacio., y OTROS. Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental., V.4., 1^{ra}. ed, Madrid-España., Privento., 1987. Pp. 365-367, 387, 388, 405, 515, 517-519, 536.

RAMALHO, Ricardo. Tratamiento de Aguas Residuales., 2a ed., Reveté S.A., Sevilla–España, 2003, pp. 210-215.

ROMERO, Jairo. Calidad del Agua, Primera Edición, Editorial Nomos S.A. Bogotá-Colombia. 2002, pp. 32-45,56,67,78.

RONZANO, Eduardo & DAPENA José. Tratamiento Biológico de Aguas Residuales, 3ra, Díaz de Santos, S.A. Caracas-Venezuela. 1995, pp. 125-130

SAINZ, Juan. Tecnologías para la Sostenibilidad: Procesos y Operaciones Unitarias en Depuración de Aguas Residuales. Madrid-España, Fundación EOI Gregorio del Amo. 2005, p. 48

SEOÁNEZ, Paz. Tratado de Gestión del Medio Ambiente Urbano, 4^{ta}, Madrid-España, Mundi - Prensa. 2000, pp. 28-36

DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR MEDIO DE HUMEDALES ARTIFICIALES.

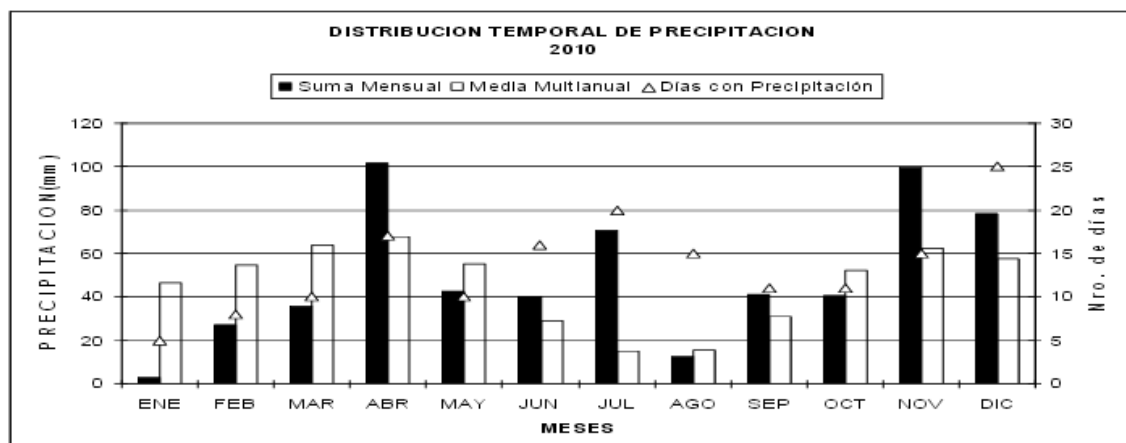
http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S207589362010000300013&script=sci_artte
2014/11/15

TOMA Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA.

http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_DeAguas/Toma_De_Muestra
2014/11/20

Anexo. A: Tablas de la Estación Meteorológica RUMIPAMBA-SALCEDO INAMHI 2010.

RUMIPAMBA-SALCEDO												INAMHI							
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA(°C)							HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSIÓN DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACIÓN (mm)			Número de días con precipitación	
		ABSOLUTAS		MEDIAS											Suma				
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Medias	Máxima	Mínima	Méda	Máxima	Mínima	Méda			Méda	24hrs	día		
ENERO	183.5	24.3	23	4.8	2	21.0	9.3	14.6	98	2	38	3	74	9.5	11.9	2.8	1.1	8	5
FEBRERO	124.1	25.0	22	6.5	11	21.2	10.6	15.4	98	6	41	28	75	10.6	12.8	27.3	10.8	6	8
MARZO	148.8	25.4	12	5.6	25	21.9	9.9	15.2	98	9	40	13	75	10.4	12.6	35.7	13.3	13	10
ABRIL	124.1	24.5	2	6.7	23	21.4	10.6	15.2	99	20	46	2	79	11.3	13.4	101.8	18.7	11	17
MAYO	148.8	24.8	29	7.4	26	21.0	10.5	15.1	98	2	36	25	77	10.5	12.8	42.6	9.3	31	10
JUNIO	121.5	21.5	21	5.8	23	19.1	9.6	13.5	99	20	52	27	80	9.9	12.2	40.0	12.0	27	16
JULIO	183.3			2.3	22	19.9	8.1	13.4					77	8.9	11.5	70.7	26.9	15	20
AGOSTO	140.8	22.2	30	2.6	18	18.5	7.5	12.6	99	30	38	30	74	7.6	10.5	12.8	2.7	6	15
SEPTIEMBRE	148.0	23.9	27	1.8	9	20.5	6.6	13.3	99	4	34	21	72	7.6	10.6	41.2	14.2	22	11
OCTUBRE	155.2	25.0	29	2.9	13	22.3	8.1	14.8	98	18	31	3	72	9.1	11.6	40.8	11.6	24	11
NOVIEMBRE	127.6	26.6	4	3.4	9	21.7	8.6	14.5	99	13	30	5	77	9.8	12.2	99.9	24.1	16	15
DICIEMBRE	127.3	23.9	10	6.0	8	20.1	8.8	14.0	99	2	44	10	80	10.2	12.5	78.3	11.3	1	25
VALOR ANUAL	1733.0			1.8		20.7	9.0	14.3					76	9.6	12.1	593.9	26.9		

[illegible]

Anexo B. Verificación de las Dimensiones de los Planos con la Planta de Tratamiento Actual.

MEDIDAS REALES

CAJA DE RETENCION DE SOLIDOS	
Largo (m)	3,41
Ancho (m)	2,42
Profundidad (m)	2
Espesor de Pared (m)	0,2

MEDIDAS REALES

REJILLAS	
Largo (m)	2,1
Ancho (m)	2,2
Separacion entre rejas (m)	0,11
Espesor de rejas (mm)	0,12

PLANOS

CAJA DE RETENCION DE SOLIDOS	
Largo (m)	3,4
Ancho (m)	2,4
Profundidad (m)	1,8
Espesor de Pared (m)	0,2

PLANOS

REJILLAS	
Largo (m)	2
Ancho (m)	2
Separacion entre rejas (m)	0,11
Espesor de rejas (mm)	0,1
Inclinacion	58°

MEDIDAS REALES

TANQUE IMHOFF	
Largo (m)	3,41
Ancho (m)	2,42
Profundidad (m)	5,5
Espesor de Pared (m)	0,2

MEDIDAS REALES

HUMEDAL ARTIFICIAL	
Largo (m)	53
Ancho (m)	30
Profundidad (m)	1,3

PLANOS

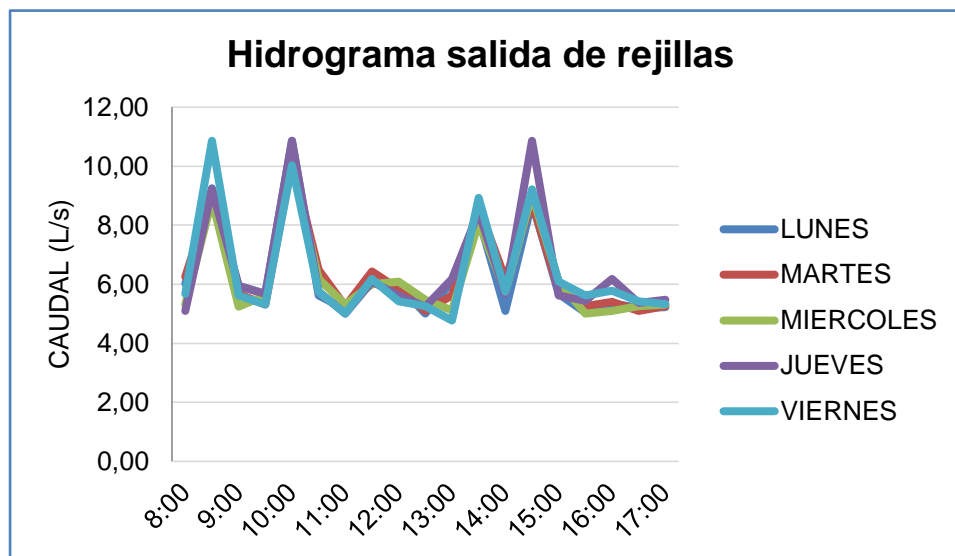
TANQUE IMHOFF	
Largo (m)	3,4
Ancho (m)	2,4
Profundidad (m)	6,12
Espesor de Pared (m)	0,2

PLANOS

HUMEDAL ARTIFICIAL	
Largo (m)	50
Ancho (m)	34
Profundidad (m)	1

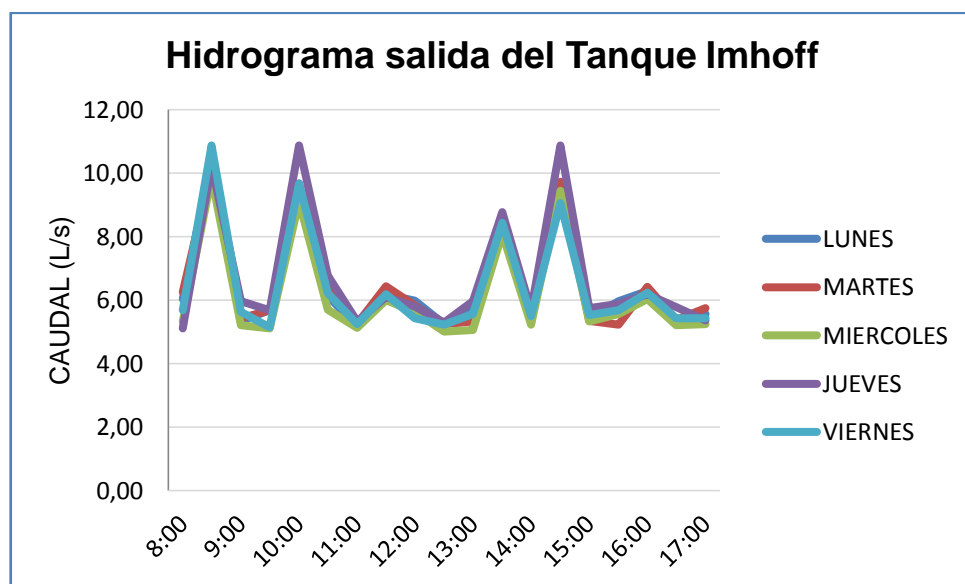
Anexo C. Caudal Medido en la Salida de Rejillas

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
8:00	5,11	5,15	4,81	5,46	5,30
8:30	9,03	9,11	8,86	9,21	8,79
9:00	5,10	5,15	5,10	5,32	5,10
9:30	5,15	5,10	5,32	5,97	5,15
10:00	9,56	9,43	8,74	9,67	9,10
10:30	5,00	5,15	4,98	5,15	5,00
11:00	5,47	5,33	5,26	6,02	5,32
11:30	6,23	6,49	6,04	6,56	6,43
12:00	5,34	5,75	5,10	5,43	5,47
12:30	5,26	5,15	5,32	5,53	5,29
13:00	7,44	7,52	7,58	8,13	7,47
13:30	5,00	5,62	4,89	5,05	5,00
14:00	6,35	6,34	6,49	6,78	6,36
14:30	9,33	9,45	9,10	9,65	9,43
15:00	5,32	5,15	5,15	5,67	5,51
15:30	5,15	5,23	4,89	5,75	5,00
16:00	6,65	6,73	6,32	7,12	6,87
16:30	5,00	5,43	5,00	5,78	5,43
17:00	5,37	5,68	5,35	5,87	5,56
Promedio de Caudal L/s	6,15	6,26	6,02	6,53	6,19



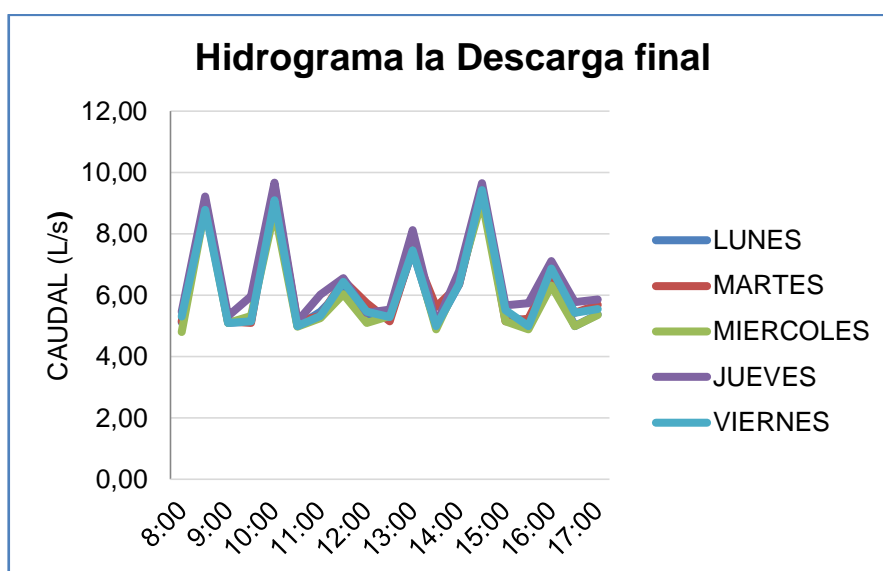
Anexo D. Caudal Medido en la Entrada del Tanque Imhoff

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
8:00	6,02	6,25	5,32	5,10	5,68
8:30	9,25	9,11	8,86	9,21	10,87
9:00	5,95	5,68	5,24	5,95	5,62
9:30	5,68	5,32	5,62	5,68	5,32
10:00	10,87	10,15	10,12	10,87	10,03
10:30	5,62	6,49	6,17	5,75	5,75
11:00	5,14	5,26	5,32	5,00	5,00
11:30	6,17	6,43	6,00	6,10	6,17
12:00	5,97	5,83	6,10	5,62	5,42
12:30	5,00	5,10	5,47	5,24	5,26
13:00	6,10	5,62	5,12	6,17	4,76
13:30	8,26	8,64	8,10	8,45	8,93
14:00	5,10	6,17	5,75	5,68	5,75
14:30	8,78	8,79	9,05	10,87	9,21
15:00	5,68	5,79	6,10	5,62	6,10
15:30	5,04	5,26	5,01	5,44	5,62
16:00	5,34	5,41	5,10	6,17	5,78
16:30	5,21	5,10	5,26	5,37	5,42
17:00	5,22	5,26	5,32	5,47	5,33
Promedio de Caudal L/s	6,34	6,40	6,26	6,51	6,42




Anexo. E Caudal Medido en la Descarga Final

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
8:00	6,02	6,25	5,32	5,10	5,68
8:30	10,34	10,12	9,87	10,25	10,87
9:00	5,33	5,42	5,21	5,95	5,62
9:30	5,68	5,67	5,11	5,68	5,13
10:00	9,67	9,43	9,10	10,87	9,65
10:30	6,12	6,43	5,69	6,76	6,21
11:00	5,16	5,26	5,12	5,32	5,23
11:30	6,17	6,43	6,00	6,10	6,17
12:00	5,97	5,83	5,62	5,79	5,42
12:30	5,23	5,24	5,00	5,28	5,22
13:00	5,68	5,32	5,05	5,95	5,56
13:30	8,24	8,64	8,10	8,76	8,43
14:00	5,37	5,44	5,22	5,68	5,49
14:30	9,58	9,73	9,44	10,87	9,05
15:00	5,43	5,33	5,32	5,75	5,53
15:30	5,95	5,22	5,56	5,87	5,68
16:00	6,28	6,42	6,03	6,17	6,23
16:30	5,24	5,38	5,21	5,78	5,42
17:00	5,56	5,75	5,24	5,36	5,43
Promedio de Caudal L/s	6,48	6,49	6,17	6,70	6,42



Anexo F. Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual del Afluente, Laboratorio EMAPAG de la ciudad de Guaranda.



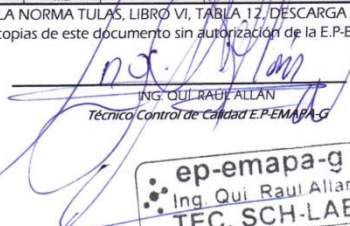
SISTEMA DE TRATAMIENTO CHAQUISHCA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
REPORTE ANALISIS DE AGUA


No. INFORME: 65
 FECHA: 14/08/2014
 CODIGO LAB-EMAPA-G: E.P-LAB-GADCS-001
 FECHA/HORA MUESTREO: 13/08/2014 (10H42)
 FECHA/HORA RECEPCION LAB: 14/08/2014 (11H05)
 FECHA DE ANALISIS: 14/08/2014 - 15/08/2014
 PROCEDENCIA: AFLUENTE
 MUESTREADOR: SRTA. ANGIULI ORTEGA

65
 14/08/2014
 E.P-LAB-GADCS-001
 13/08/2014 (10H42)
 14/08/2014 (11H05)
 14/08/2014 - 15/08/2014
 AFLUENTE
 SRTA. ANGIULI ORTEGA


PARÁMETROS	UNIDAD	NORMA TULAS Tabla 12 Límite Máximo Permisible	MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADOS
PARÁMETROS FÍSICOS				
COLOR	UTC	Inap. En disol	COMPARACIÓN VISUAL PLATINO COBALTO	85.00
TURBIDEDAD	NTU	.....	NEFELOMÉTRICO	65.20
pH	.....	5 - 9	POTENCIOMÉTRICO	7.65
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	CONDUCTIVIMÉTRICO	1394.00
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	220	CONDUCTIVIMÉTRICO	875.00
TEMPERATURA	°C	.....	CONDUCTIVIMÉTRICO / POTENCIOMÉTRICO	17.32
PARÁMETROS QUÍMICOS				
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Acido Ascórbico ¹)	> 25
NITRÓGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	.....	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Nesslerización)	> 0.50
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Sulfaver ⁴)	25.50
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Ferrover ¹)	0.207
NITRATOS (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	10	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Reducción cadmio)	47.70
NITRITOS (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	10	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Diazotación)	0.186
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS				
ESCHERICHIA COLI	NMP/100 mL	Reducción al 99%	FILTRACIÓN DE MEMBRANA AL VACÍO	1260
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	FILTRACIÓN DE MEMBRANA AL VACÍO	824

LÍMITES PERMISIBLES BASADOS EN LA NORMA TULAS, LIBRO VI, TABLA 12, DESCARGA A UN CUERPO DULCE
 NOTA: No está permitido sacar fotocopias de este documento sin autorización de la E.P-EMAPA-G


Ing. Qui Raul Allan
 Técnico Control de Calidad E.P-EMAPA-G




MUNICIPALIDAD DE SALCEDO
 Dpto. de Agua Potable y Alcantarillado
 FECHA: 14.08.2014
 HORA: 10:42
 FIRMA: [Signature]



Dirección: García Moreno y 7 de Mayo / Teléfono: 032 981 939 / Fax: 032 985 660

Anexo G. Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual de las Rejillas,
Laboratorio EMAPAG de la ciudad de Guaranda.



SISTEMA DE TRATAMIENTO CHAQUISHCA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

REPORTE ANALISIS DE AGUA

67

14/08/2014

E.P-LAB-GADCS-003

13/08/2014 (10H42)

14/08/2014 (11H05)

14/08/2014 - 15/08/2014

REJILLAS

SRTA. ANGIULI ORTEGA

No. INFORME: 67

FECHA: 14/08/2014

CODIGO LAB-EMAPA-G: E.P-LAB-GADCS-003

FECHA/HORA MUESTREO: 13/08/2014 (10H42)

FECHA/HORA RECEPCION LAB: 14/08/2014 (11H05)

FECHA DE ANALISIS: 14/08/2014 - 15/08/2014


PROCEDENCIA: REJILLAS

MUESTREADOR: SRTA. ANGIULI ORTEGA



PARÁMETROS	UNIDAD	NORMA TULAS Tabla 12 Límite Máximo Permisible	MÉTODO DE ANALISIS	RESULTADOS
PARÁMETROS FÍSICOS				
COLOR	UTC	Inap. En disol	COMPARACIÓN VISUAL PLATINO COBALTO	15.00
TURBIDEDAD	NTU	.....	NEFELOMÉTRICO	20.40
pH	.....	5 - 9	POTENCIOMÉTRICO	7.73
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	CONDUCTIVIMÉTRICO	1384.00
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	220	CONDUCTIVIMÉTRICO	682.00
TEMPERATURA	°C	.....	CONDUCTIVIMÉTRICO / POTENCIOMÉTRICO	17.54
PARÁMETROS QUÍMICOS				
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Acido Ascórbico ¹)	> 25
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	.....	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Nesslerización)	> 0.50
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Sulfaver ⁴)	41.00
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Ferrover ¹)	0.216
NITRATOS (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	10	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Reducción cadmio)	36.80
NITRITOS (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	10	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Diazotación)	0.029
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS				
ESCHERICHIA COLI	NMP/100 mL	Remoción al 99%	FILTRACIÓN DE MEMBRANA AL VACÍO	1224
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	FILTRACIÓN DE MEMBRANA AL VACÍO	964

LÍMITES PERMISIBLES BASADOS EN LA NORMA TULAS, LIBRO VI, TABLA 12, DESCARGA A UN CUERPO DULCE


NOTA: No está permitido sacar fotocopias de este documento sin autorización de la E.P-EMAPA-G



Ing. Qui. Raul Allan
Técnico Control de Calidad E.P-EMAPA-G

Anexo H. Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual del Tanque Imhoff, Laboratorio EMAPAG de la ciudad de Guaranda.



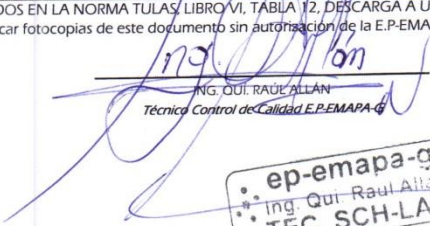
SISTEMA DE TRATAMIENTO CHAQUISHCA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
REPORTE ANALISIS DE AGUA

No. INFORME: 68
 FECHA: 14/08/2014
 CODIGO LAB-EMAPA-G: E.P-LAB-GADCS-004
 FECHA/HORA MUESTREO: 13/08/2014 (10H42)
 FECHA/HORA RECEPCIÓN LAB: 14/08/2014 (11H05)
 FECHA DE ANALISIS: 14/08/2014 - 15/08/2014
 PROCEDENCIA: TANQUE IMHOFF
 MUESTRADOR: SRTA. ANGIULI ORTEGA

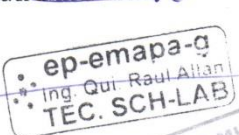

PARÁMETROS	UNIDAD	NORMA TULAS	MÉTODO DE ANALISIS	RESULTADOS
		Tabla 12 Límite Máximo Permisible		
PARÁMETROS FÍSICOS				
COLOR	UTC	Inap. En disol	COMPARACIÓN VISUAL PLATINO COBALTO	65.00
TURBIDIDAD	NTU	.....	NEFELOMÉTRICO	47.60
pH	.....	5 - 9	POTENCIOMÉTRICO	7.48
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	CONDUCTIVIMÉTRICO	1312.00
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	220	CONDUCTIVIMÉTRICO	646.00
TEMPERATURA	°C	.....	CONDUCTIVIMÉTRICO / POTENCIOMÉTRICO	17.92
PARÁMETROS QUÍMICOS				
FOSFATOS (P-PO ₄ 3-)	mg/L	10	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Acido Ascórbico 1)	5.40
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	.....	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Nesslerización)	> 0.50
SULFATOS (SO ₄ 2-)	mg/L	1000	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Sulfaver 4)	37.00
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Ferrover 1)	0.128
NITRATOS (N-NO ₃ -)	mg/L	10	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Reducción cadmio)	17.00
NITRITOS (N-NO ₂ -)	mg/L	10	ESPECTROFOTOMÉTRICO (Diazotación)	0.013
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS				
ESCHERICHIA COLI	NMP/100 mL	Remoción al 99%	FILTRACIÓN DE MEMBRANA AL VACÍO	914
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	FILTRACIÓN DE MEMBRANA AL VACÍO	520


LÍMITES PERMISIBLES BASADOS EN LA NORMA TULAS, LIBRO VI, TABLA 12, DESCARGA A UN CUERPO DULCE

NOTA: No está permitido sacar fotocopias de este documento sin autorización de la E.P-EMAPA-G



ING. QUI. RAÚL ALLAN
Técnico Control de Calidad E.P-EMAPA-G



Dirección: García Moreno y 7 de Mayo / Teléfono: 032 981 939 / Fax: 032 985 660

Anexo I. Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual del Afluyente,
Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias.

ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Anguli Maria Ortega Trejo

Fecha de Análisis: 26 de septiembre de 2014

Fecha de Entrega de Resultados: 3 de octubre de 2014

Tipo de muestras: Agua Residual Doméstica. Agua cruda Afluyente.

Localidad: Cantón Salcedo

TRABAJO DE TESIS

Código: LAT/0309-14

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	6.85
Conductividad	μSiems/cm	2510-B		1282
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	510
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	315
Sólidos suspendidos totales	mg/L	2540-B	220	76
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C		717
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	864

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



Anexo J. Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual del Rejillas, Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias.

ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Anguli Maria Ortega Trejo

Fecha de Análisis: 26 de septiembre de 2014

Fecha de Entrega de Resultados: 3 de octubre de 2014

Tipo de muestras: Agua Residual Doméstica. Agua tratada salida de Rejilla

Localidad: Cantón Salcedo

TRABAJO DE TESIS

Código: LAT/0310-14

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.02
Conductividad	μSiems/cm	2510-B		1275
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	565
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	385 //
Sólidos suspendidos totales	mg/L	2540-B	220	140
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C		741
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	892

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



Anexo K. Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual del Tanque Imhoff, Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias.

ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Anguli Maria Ortega Trejo

Fecha de Análisis: 26 de septiembre de 2014

Fecha de Entrega de Resultados: 3 de octubre de 2014

Tipo de muestras: Agua Residual Doméstica. Agua tratada salida de Tanque Imhoff

Localidad: Cantón Salcedo

TRABAJO DE TESIS

Código: LAT/0311-14

Análisis Químico

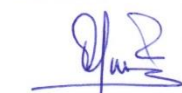
Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.4
Conductividad	μSiems/cm	2510-B		1127
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	455
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	270 //
Sólidos suspendidos totales	mg/L	2540-B	220	40
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C		631
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	710

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R. ESPOCH
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



Anexo L. Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual del Efluente, Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias.

ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Anguli Maria Ortega Trejo

Fecha de Análisis: 26 de septiembre de 2014

Fecha de Entrega de Resultados: 3 de octubre de 2014

Tipo de muestras: Agua Residual Doméstica. Agua tratada Efluente

Localidad: Cantón Salcedo

TRABAJO DE TESIS

Código: LAT/0312-14

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.12
Conductividad	μSiems/cm	2510-B		1213
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	405
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	220
Sólidos suspendidos totales	mg/L	2540-B	220	40
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C		680
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	740

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público



Observaciones:

Atentamente.


ESPOCH

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Anexo N. Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual del Afluyente, Laboratorio CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica).

 CESTTA LABCESTTA SGC	CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 3013183 ESPOCH (FACULTAD DE CIENCIAS) RIOBAMBA - ECUADOR	 LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008
--	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 1839
ST: 733 - 14 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: NA
Atn. Angiuli María Ortega Trejo
Dirección: Cda. Los Olivos

FECHA: 06 de Octubre del 2014
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2014/09/24 - 15:00
FECHA DE MUESTREO: 2014/09/24 - 09:59
FECHA DE ANÁLISIS: 2014/09/24 - 2014/10/06
TIPO DE MUESTRA: Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 1760-14
CÓDIGO DE LA EMPRESA: Afluyente
PUNTO DE MUESTREO: Entrada a la planta de tratamiento de aguas residuales
 Rumipamba de las Rosas
 Tensoactivos
ANÁLISIS SOLICITADO: Angiuli María Ortega Trejo
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	6,58	±7%	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.

RESPONSABLE:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
 E INSPECCION
 LAB - CESTTA
 ESPOCH

Anexo M. Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual de las Rejillas, Laboratorio CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica).

 SGC	CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 3013183 ESPOCH (FACULTAD DE CIENCIAS) RIOBAMBA - ECUADOR	 LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No:	1839
ST:	733 – 14 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	NA
Atn.	Angiuli María Ortega Trejo
Dirección:	Cda. Los Olivos
FECHA:	06 de Octubre del 2014
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2014/09/24 – 15:00
FECHA DE MUESTREO:	2014/09/24 – 10:10
FECHA DE ANÁLISIS:	2014/09/24 – 2014/10/06
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA:	LAB-A 1761-14
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	Salida rejillas
PUNTO DE MUESTREO:	Salida caja de retención de sólidos de PTAR Rumipamba de las Rosas.
ANÁLISIS SOLICITADO:	Tensoactivos
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Angiuli María Ortega Trejo
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	6,53	±7%	-

OBSERVACIONES:



- Muestra receptada en el laboratorio.

RESPONSABLE:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
 E INSPECCION
 LAB - CESTTA
 ESPOCH

Anexo O. Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual del Tanque Imhoff, Laboratorio CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica).

 SGC	CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 3013183 ESPOCH (FACULTAD DE CIENCIAS) RIOBAMBA - ECUADOR	 LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No:	1839
ST:	733 – 14 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	NA
Atn.	Angiuli María Ortega Trejo
Dirección:	Cdla. Los Olivos
FECHA:	06 de Octubre del 2014
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2014/09/24 – 15:00
FECHA DE MUESTREO:	2014/09/24 – 10:17
FECHA DE ANÁLISIS:	2014/09/24 – 2014/10/06
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA:	LAB-A 1762-14
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	Salida del tanque IMHOFF
PUNTO DE MUESTREO:	Salida del tanque IMHOFF de la PTAR Rumipamba de las Rosas
ANÁLISIS SOLICITADO:	Tensoactivos
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Angiuli María Ortega Trejo
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C


RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	7,88	±7%	-

OBSERVACIONES:



- Muestra receptada en el laboratorio.

RESPONSABLE:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
 E INSPECCION
 LAB - CESTTA
 ESPOCH

Anexo P. Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Residual del Efluente, Laboratorio CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica).

 <p>SGC</p>	<p align="center">CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p align="center">LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 3013183 ESPOCH (FACULTAD DE CIENCIAS) RIOBAMBA - ECUADOR</p>	 <p align="center">LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	---

INFORME DE ENSAYO No:	1839
ST:	733 – 14 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	NA
Atn.	Angiuli María Ortega Trejo
Dirección:	Cdla. Los Olivos
FECHA:	06 de Octubre del 2014
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2014/09/24 – 15:00
FECHA DE MUESTREO:	2014/09/24 – 10:25
FECHA DE ANÁLISIS:	2014/09/24 – 2014/10/06
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA:	LAB-A 1763-14
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	Efluente
PUNTO DE MUESTREO:	Efluente PTAR Rumipamba de las Rosas
ANÁLISIS SOLICITADO:	Tensoactivos
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Angiuli María Ortega Trejo
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

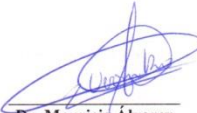
RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	7,80	±7%	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.

RESPONSABLE:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

**LABORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH**

Anexo Q. Tablas de Dotación mensual de Agua Potable para el Barrio Rumipamba de las Rosas

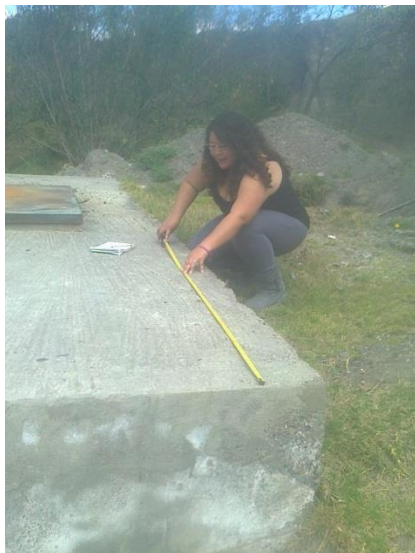
G.A.D. MUNICIPAL DEL CANTON SALCEDO												
DEPARTAMENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO												
Fecha: 09/23/14		Mes del registro: AGO/2014				Pagina: 94						
ITA	HOMBRE DEL USUARIO	LEC_ATE	LEC_ACTO	TIP	M3	VALOR	ALCANTAR.	MANTEN.	ACOMETIDA	CAMB_MED	BANDA	TOTAL
77	MALLIQUINGA CHISAGUANO DANIEL OSWALDO	1637	1655		18	1.64	0.49	0.00	0.00	0.00	1.00	3.13
78	PERALVO QUISPE JOSE AUGUSTO	223	236		13	1.34	0.40	0.00	0.00	0.00	1.00	2.74
79	CARDENAS JORGE IVAN	2702	2730		28	2.29	0.69	0.00	0.00	0.00	1.00	3.98
80	JACOME CERDA MILTON ESTUARDO	4738	4814		76	6.24	1.87	0.00	0.00	0.00	1.00	9.11
81	LOPEZ LOPEZ CARLOTA YOLANA	4393	4432		39	3.99	1.20	14.90	0.00	0.00	1.00	21.09
82	CHAPI CHOCA MARCO ANTONIO	522	531		9	1.16	0.35	0.00	0.00	0.00	1.00	2.51
83	SEGOVIA FREIRE LUIS ALBERTO	1374	1392		18	1.64	0.49	0.00	0.00	0.00	1.00	3.13
84	VACA FERNANDEZ MARCO ANTONIO	5310	5348		38	2.99	0.90	0.00	0.00	0.00	1.00	4.89
85	MOLINA MOLINA GABRIEL RIGOBERTO	2065	2075		10	1.16	0.35	0.00	0.00	0.00	1.00	2.51
86	ARIAS SALAZAR MARIA LIBIA MERCEDES	2671	2723		52	5.33	1.60	0.00	0.00	0.00	1.00	7.93
87	CASTELLANO ARIAS MARIA ISABEL	3825	3913		88	7.49	2.25	0.00	0.00	0.00	1.00	10.74
88	BARCO TIGCELEMA EDI BOLIVAR	4092	4181		89	7.59	2.28	0.00	0.00	0.00	1.00	10.87
89	CEVALLOS CARVAJAL EDWIN RAMIRO	1441	1492		51	3.99	1.20	0.00	0.00	0.00	1.00	6.19
90	POZO PARRA RODRIGO PATRICIO	2130	2167		37	2.92	0.88	0.00	0.00	0.00	1.00	4.80
91	GALLARDO CUEVA ANTONIO CECILIO	3224	3282		58	6.00	1.80	0.00	0.00	0.00	1.00	8.80
92	CASTELLANO AVILES SANDRA SOLEDAD	4101	4136		35	2.78	0.83	0.00	0.00	0.00	1.00	4.61
93	RUIZ BONILLA KLEVER MAURICIO	2152	2181		29	2.35	0.71	0.00	0.00	0.00	1.00	4.06
94	PARRA ARIAS DANILO IVAN	2330	2484		154	17.08	5.12	0.00	0.00	0.00	1.00	23.20
95	SANTANA VELASCO DANIEL PRAXCEDES	3645	3704		59	4.66	1.40	0.00	0.00	0.00	1.00	7.06
96	COQUE SANCHEZ WALTER GIOVANNY	1357	1385		28	2.29	0.69	0.00	0.00	0.00	1.00	3.98
97	CASTELLANOS ARIAS CARMITA GRACIELA	5032	5095		63	5.01	1.50	0.00	0.00	0.00	1.00	7.51
98	MONTACHANA CRESPIA CESAR AQUILINO	3182	3222		40	3.13	0.94	0.00	0.00	0.00	1.00	5.07
99	TACO TACO MARIA TRANSITO	2233	2242		9	1.16	0.35	0.00	0.00	0.00	1.00	2.51
100	VELVA ALCATEGA JUSTO POLO	1710	1730		20	2.71	0.81	0.00	0.00	0.00	1.00	4.52
101	SANTANA VELASCO GRACIELA ISABEL	1778	1786		8	1.75	0.52	0.00	0.00	0.00	1.00	3.27
102	RINOJOSA RAMOS CARLOS ANTONIO	1695	1737		42	3.28	0.99	0.00	0.00	0.00	1.00	5.27
103	NOYA ARIAS BOLIVAR ALBERTO	3735	3790		55	4.32	1.30	0.00	0.00	0.00	1.00	6.62
104	ARIAS BAUTISTA CESAR AUGUSTO	2567	2598		31	3.24	0.97	0.00	0.00	0.00	1.00	5.21
105	FAREDES CARRILLO LUIS ANIBAL	1964	1982		18	1.64	0.49	0.00	0.00	0.00	1.00	3.13
106	CAJAMARCA JACOME MARIA DOLORES	2042	2047		5	1.75	0.52	0.00	0.00	0.00	1.00	3.27
107	VACA FERNANDEZ HECTOR BENJAMIN	2355	2355	SC	10	1.16	0.35	0.00	0.00	0.00	1.00	2.51
108	MONTUFAR MEJIA CARLOS ALCEBIADES	0	0	SS	10	1.16	0.35	0.00	0.00	0.00	1.00	2.51
Total...					113797	13249.06	3598.96	139.88	0.00	0.00	3008.0	19995.90

G.A.D. MUNICIPAL DEL CANTON SALCEDO												
DEPARTAMENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO												
Fecha: 09/23/14		Mes del registro: AGO/2014				Pagina: 95						
CUENTA	NOMBRE DEL USUARIO	LEC_ATE	LEC_ACTO	TIP	M3	VALOR	ALCANTAR.	MANTEN.	ACOMETIDA	CAMB_MED	BANDA	TOTAL
3009	YEPEZ CHAVEZ OLGA ROSARIO	321	322		1	1.16	0.35	0.00	0.00	0.00	1.00	2.51
3010	GUATO CHILQUINGA LEONCIO DAVID	297	300		3	1.16	0.35	0.00	0.00	0.00	1.00	2.51
3011	VILLALBA BAUTISTA SIXTO TRAJANO	1396	1449		53	5.44	1.63	0.00	0.00	0.00	1.00	8.07
3012	MALDONADO MICHILENA MARCIA YOLANDA	611	614		3	1.75	0.52	0.00	0.00	0.00	1.00	3.27
3013	ALTASIG LLUMIPANTA LUIS ALFONSO	5634	5693		59	7.37	2.21	0.00	0.00	0.00	1.00	10.58
3014	ARIAS SALAZAR PEDRO EFRAIN	364	390		26	3.33	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	5.33
3015	AMBADE SANDOVAL EDIZON FRANCISCO	2595	2721		126	20.73	6.22	0.00	0.00	0.00	1.00	27.95
3016	VIZCAINO PROCEL CLARA INES	566	621		55	4.32	1.30	0.00	0.00	0.00	1.00	6.62
3017	PADILLA GALLO MARIA LUZMILA	2402	2423		21	1.83	0.55	0.00	0.00	0.00	1.00	3.38
3018	VELASCO ARIAS GLADYS LILIANA	0	0	SS	10	1.16	0.35	0.00	0.00	0.00	1.00	2.51
3019	SANGUCHO PALOMO MARIA ROSA	2611	2656		45	3.52	1.05	0.00	0.00	0.00	1.00	5.57
3020	AMAYA CHISAGUANO MARCO ANTONIO	2725	2752		27	2.22	0.67	0.00	0.00	0.00	1.00	3.89
3021	CAJAMARCA GUANOLUIZA MARIA BEATRIZ	53	53	SC	10	1.16	0.35	0.00	0.00	0.00	1.00	2.51
3022	CAJAMARCA JACOME MARIA DOLORES	1589	1593		4	1.16	0.35	0.00	0.00	0.00	1.00	2.51
3023	CAJAMARCA JACOME SEGUNDO MANUEL	477	528		51	3.99	1.20	0.00	0.00	0.00	1.00	6.19
3024	CAJAMARCA JACOME MARGARITA	141	141	SS	10	1.16	0.35	0.00	0.00	0.00	1.00	2.51
3025	CAJAMARCA JACOME ROSARIO	3577	3639		62	4.92	1.48	0.00	0.00	0.00	1.00	7.40
3026	CHANGO CHICAIZA LUIS ABELARDO	1572	1582		10	1.16	0.35	0.00	0.00	0.00	1.00	2.51
3027	CRIOLO SANGUCHO JOSE ANTONIO	2296	2342		46	3.59	1.08	0.00	0.00	0.00	1.00	5.67
3028	CRIOLO SANGUCHO FAUSTO	0	0	SS	10	1.16	0.35	0.00	0.00	0.00	1.00	2.51
3029	CRIOLO TONATO IGNACIO	1412	1499		87	7.38	2.21	0.00	0.00	0.00	1.00	10.59
3030	CRIOLO TONATO JOSE VICENTE	1774	1806		32	2.56	0.77	0.00	0.00	0.00	1.00	4.33
3031	CRIOLO YUGLA VICTOR	1800	1826		26	2.16	0.65	0.00	0.00	0.00	1.00	3.81
3032	CRIOLO PALOMO ROSA	5731	5760		29	2.35	0.71	0.00	0.00	0.00	1.00	4.06
3033	SANGUCHO TONATO JOSE MELCHOR	1443	1456		13	1.34	0.40	0.00	0.00	0.00	1.00	2.74
3034	SANGUCHO IZA JOSE PEDRO	3	3	SS	10	1.16	0.35	0.00	0.00	0.00	1.00	2.51
3035	SANGUCHO PALOMO LUIS ALFREDO	3129	3174		45	3.52	1.05	0.00	0.00	0.00	1.00	5.57
3036	SANGUCHO PALOMO JOSE RAMON	2107	2136		29	2.35	0.71	0.00	0.00	0.00	1.00	4.06
3037	SANGUCHO PALOMO JOSE SEGUNDO	1330	1364		34	2.70	0.81	0.00	0.00	0.00	1.00	4.51
3038	SANGUCHO TONATO RAMON	245	290		45	3.52	1.05	0.00	0.00	0.00	1.00	5.57
3039	SANGUCHO TONATO MANUEL	3193	3260		67	7.09	2.13	0.00	0.00	0.00	1.00	10.22
3040	TONATO ALLAUCA MARIA JUANA	389	411		22	1.90	0.57	0.00	0.00	0.00	1.00	3.47
Total...					114868	13359.38	3632.08	139.88	0.00	0.00	3040.0	20171.34

Anexo R. Registro Fotográfico.

FOTOGRAFIAS 1. Verificación in situ de las Dimensiones de la Planta De Tratamiento de Aguas Residuales.

Caja de Entrada



Caja de Retención de Sólidos



Rejillas



Tanque Imhoff



Lecho de secado



Humedal Artificial



FOTOGRAFIAS 2. Verificación in situ de los medios filtrantes del Lecho de secado y del Humedal artificial de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Excavación en el Lecho de Secado



Excavación en el Humedal Artificial



FOTOGRAFIAS 3. Determinación de la Concentración de Sólidos en el Tanque Imhoff.

Vertido de la muestra en la Probeta



Diferencia de Concentración



FOTOGRAFIAS 4. Toma de Muestra y Análisis de Laboratorio.

Punto de Muestreo (Afluente)



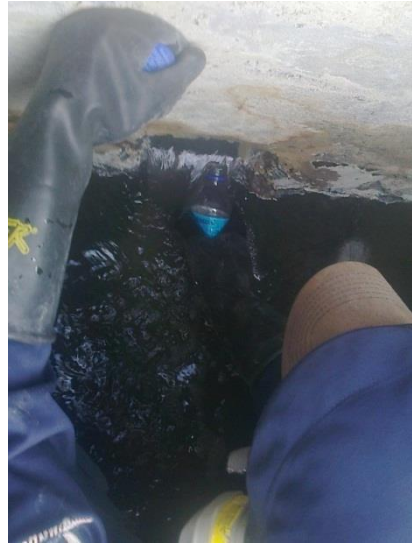
Punto de Muestreo Salida de Rejillas



Punto de Muestreo Salida del Tanque Imhoff



Punto de Muestreo (Efluente)



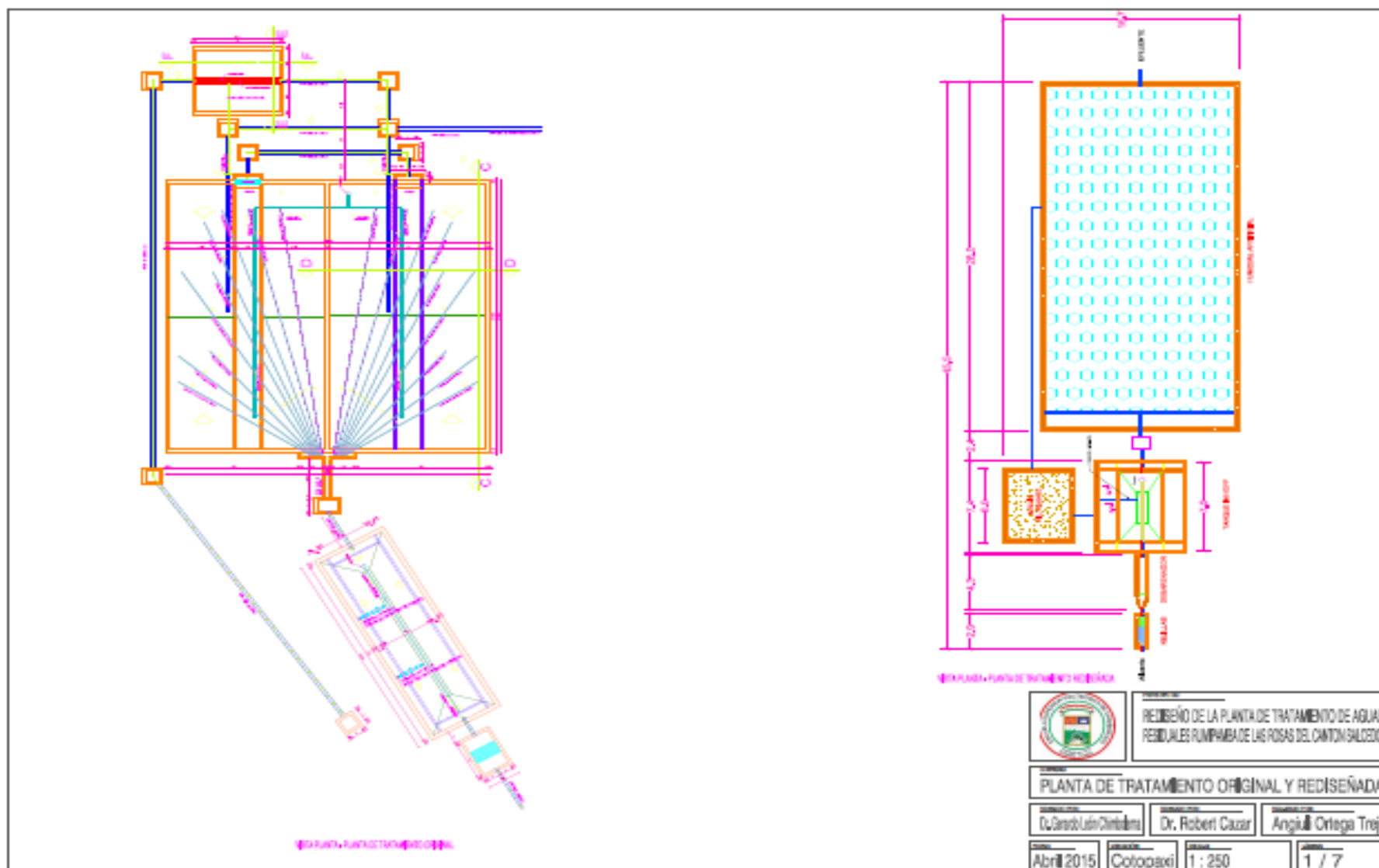
Total de Muestras Obtenidas

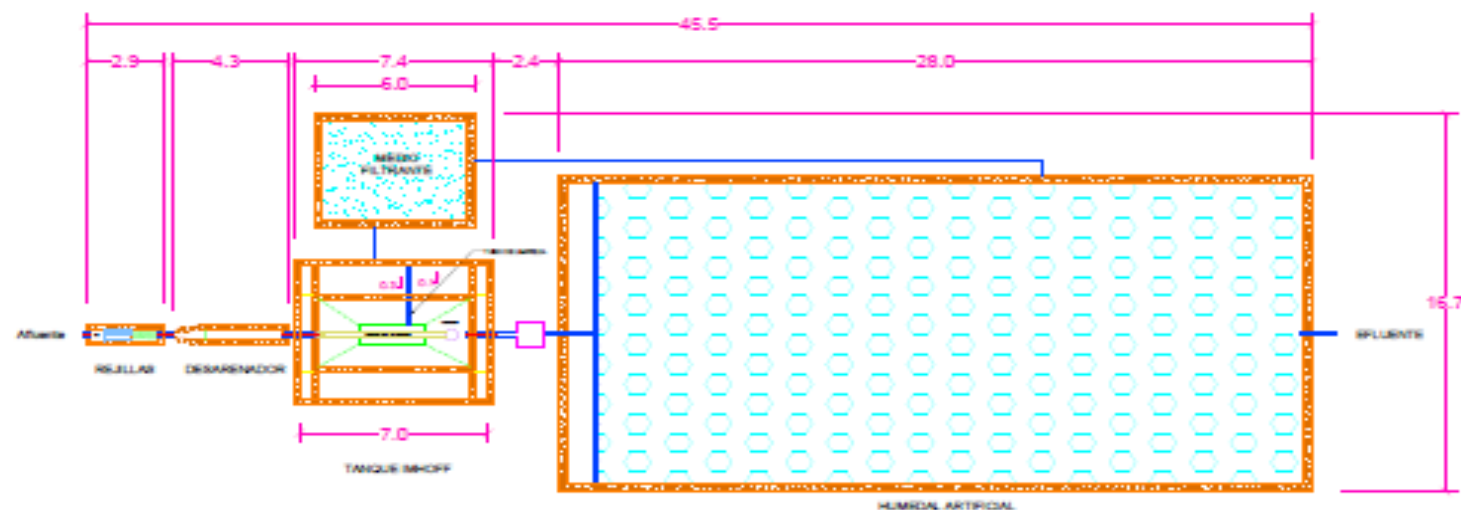


Análisis de Muestras




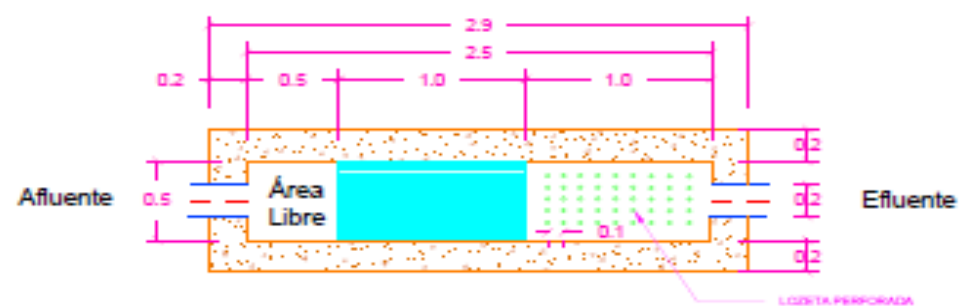
Anexo S. Planos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.



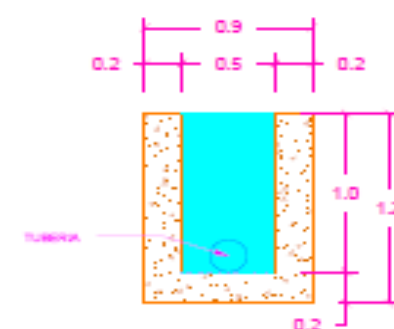


Vista Planta

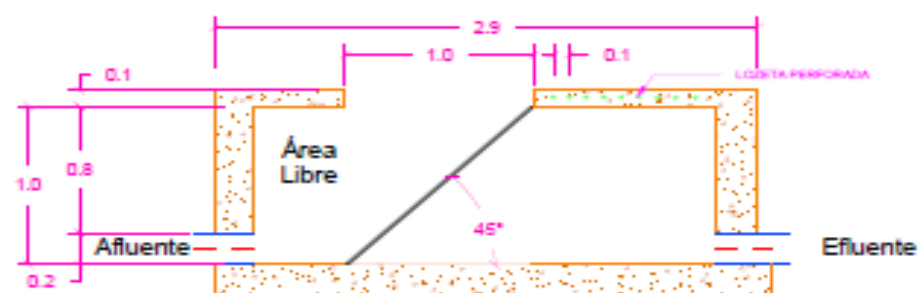
	REDESÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PUMPA DE LAS ROSAS DEL CANTÓN SALCEDO		
	PLANTA DE TRATAMIENTO REDISEÑADA		
DISEÑADOR: D. Gerardo León Córdova	COORDINADOR: Dr. Robert Cazar	REVISOR: Angela Ortega Trejo	
FECHA: Abril 2015	LUGAR: Cotopaxi	ESCALA: 1 : 175	PÁGINA: 2 / 7



Vista Planta

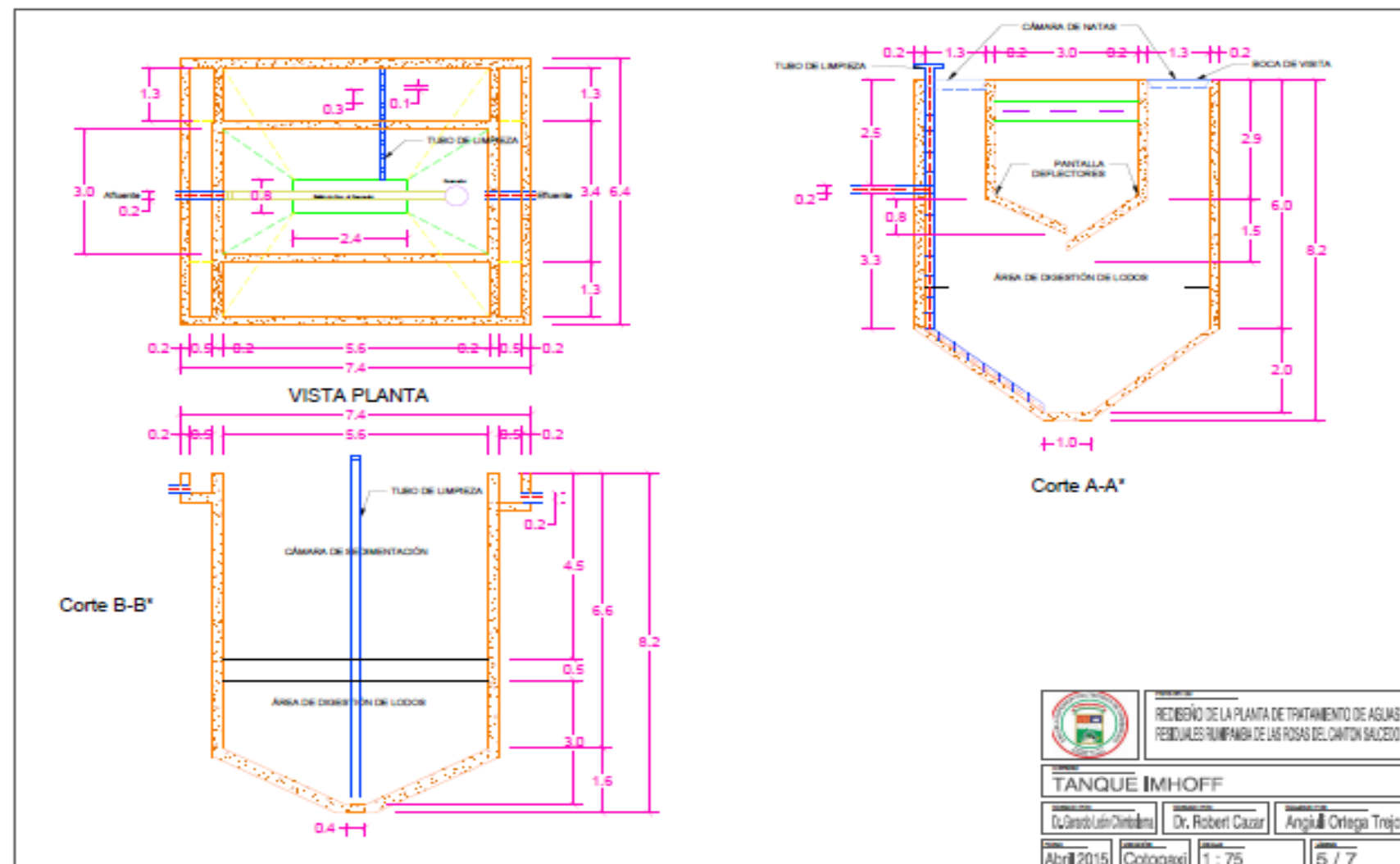


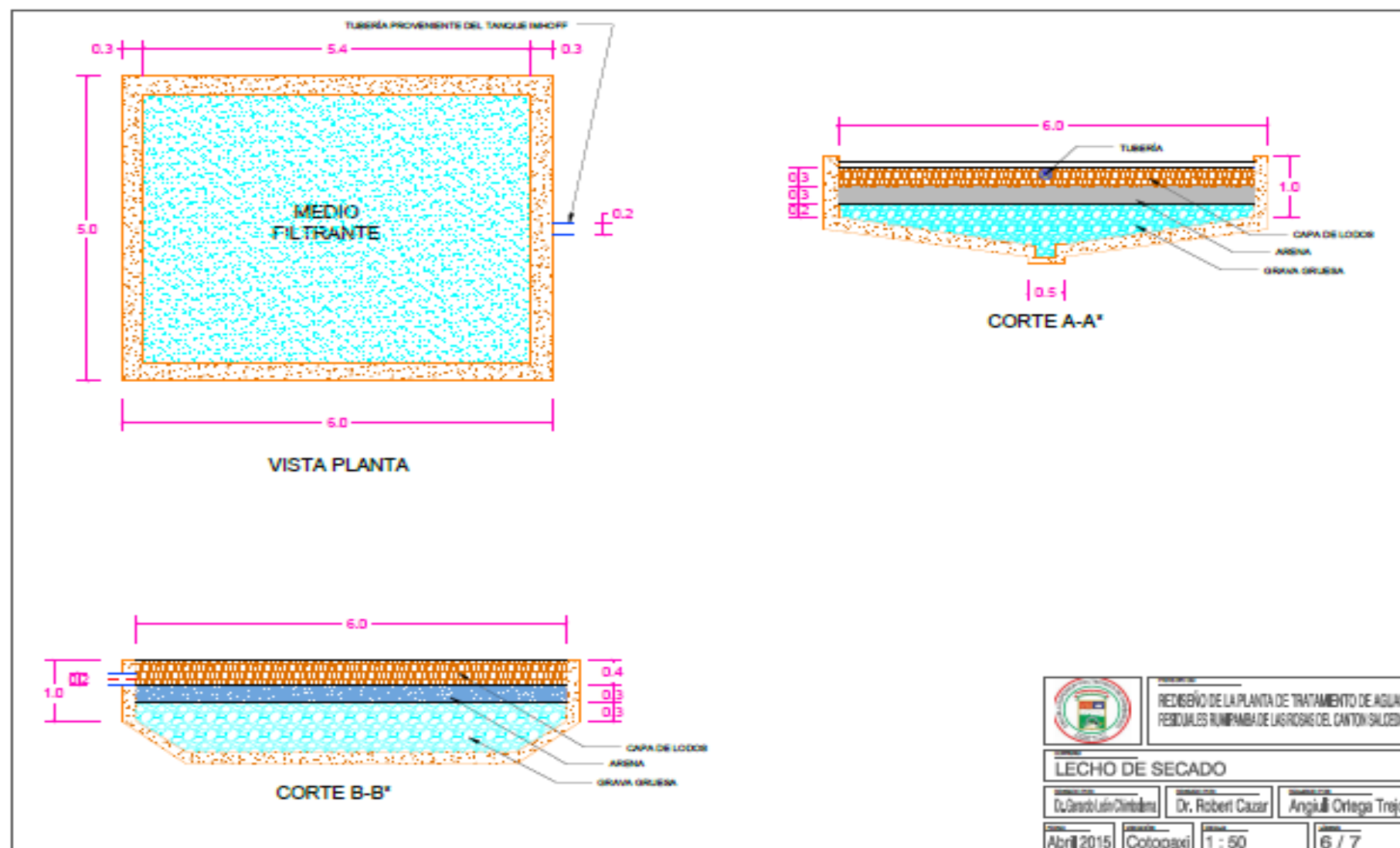
Corte B-B*

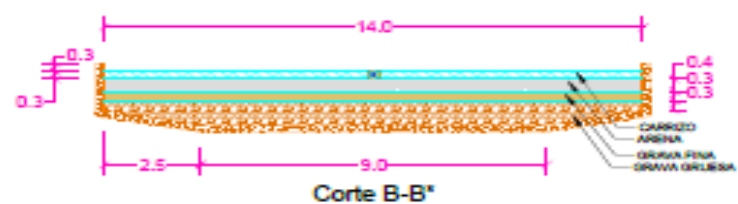
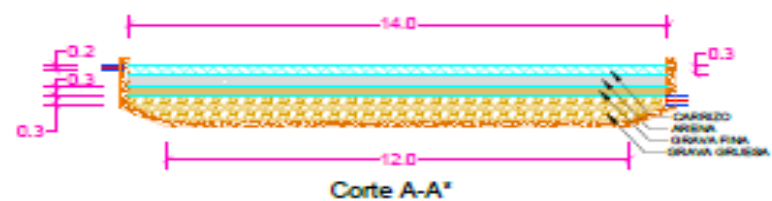
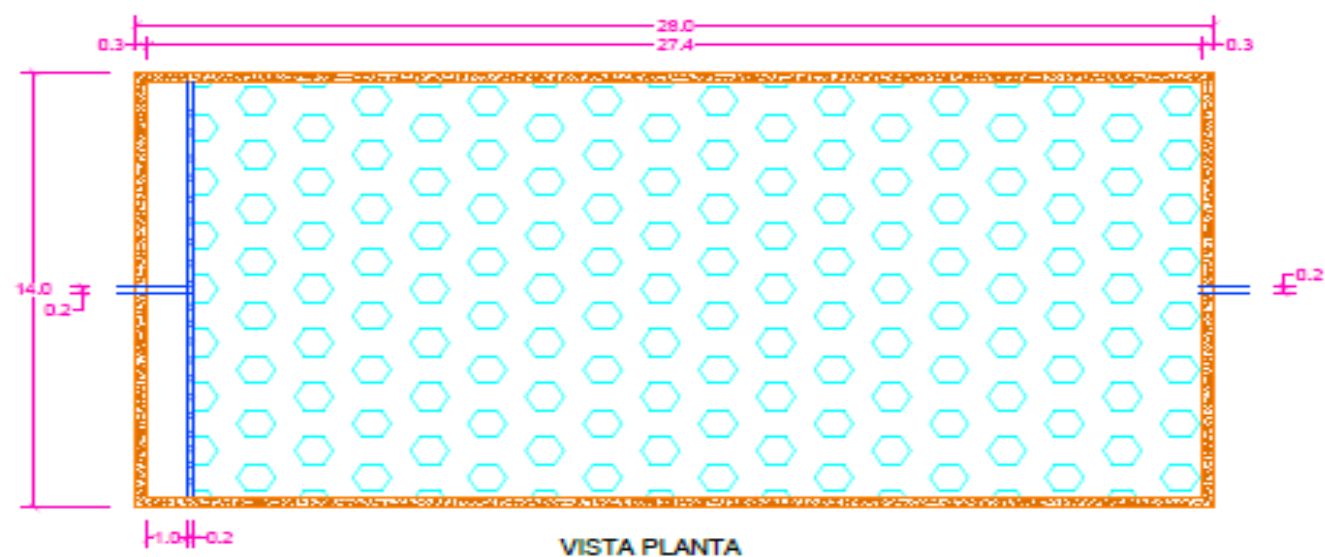


Corte A-A*

	RECEBIDO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES RUMIPANSH DE LAS ROSAS DEL CANTON SALCEDO		
	REJILLAS		
DISEÑADOR: Dr. Gerardo Luis Clemente	DISEÑADOR: Dr. Robert Cazar	DISEÑADOR: Angeli Ortega Trejo	
FECHA: Abril 2015	LUGAR: Cotacachi	ESCALA: 1 : 25	HOJA: 3 / 7







	REDESIGNO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES RUMPAÑA DE LAS ROSAS DEL CANTÓN SALCEDO
HUMEDAL ARTIFICIAL	
DISEÑADOR: Dr. Roberto Cazar	DISEÑADORA: Angeli Ortega Trejo
FECHA: Abril 2015	LUGAR: Cotopaxi
ESCALA: 1 : 120	PÁGINA: 7 / 7